מדינת ישראל

משרד המדע והפיתוח
המועצה הלאומית למחקר ופיתוח

משרד התקשורת
יחידת המדען הראשי

ועדת ההיגוי לתקשוב

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב

הצעה לתכנית לאומית:
פיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים

שבט התשמ"ה N.C.R.D.-9-84 פברואר 1985

המועצה הלאומית למחקר ופיתוח
הקריה, בנין ג', מזרח ירושלים
טל' 02-277096/7

מדינת ישראל

משרד המדע והפיתוח
המועצה הלאומית למחקר ופיתוח

משרד התקשורת
יחידת המדען הראשי

ועדת ההיגוי לתקשוב

כ' שבט תשמ"ה
11 פברואר 1984

שר המדע והפיתוח
שר התקשורת

נכבדי,

הנדון: ועדת התקשוב - דו"ח תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב

אני מתכבד בזה להגיש בשם מליאת ועדת ההיגוי לתקשוב את הדו"ח השלישי של הועדה. דו"ח זה שהוכן ע"י תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב מעלה הצעה לתכנית לאומית לפיתוח "מערכות הוראה בעזרות מחשבים".

לאור ההתפתחות הנמרצת של טכנולוגיות התקשוב, נערכו המדינות המובילות בעולם לפיתוח וקידום לאומי ואזורי של נושאי התקשוב.
מדינת ישראל סובלת מחוסר במשאבים הנדרשים לפיתוחי יסוד בהם עוסקות מדינות רבות בעולם. עם זאת, עומד לרשותנו מאגר לאומי של כח אדם עשיר בידע, יוזמה ותושיה, המאפשר למדינה יישום וניצול טכנולוגיות קיימות לפיתוח מערכות חדשניות ומתוחכמות.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב בחנה שורת נושאים בהם יש למדינת ישראל ענין וסיכוי הן כלפי פנים והן בתחרות העולמית. תוצאות בחינה זו הביאו לבחירת הנושא: "טכנולוגיות תקשוב בהוראה" כנושא בעל ענין וסיכוי טובים ביותר לתכנית לאומית מתואמת של מדינת ישראל.

ועדת ההיגוי ממליצה בפני הממשלה להקים "צוות תכנון" לתכנית הלאומית ולהקצות לו תקציב של כ-$500,000 למימון פעולתו. צוות התכנון יבצע את משימתו בפרק זמן של חצי שנה עד שנה.

תפקיד הצוות, אשר יהיה מורכב מכ-10 אנשי מקצוע בתחומים מקצועיים שונים הקשורים לנושא, יהיה לבחון את האפשרויות לכיווני המחקר והפיתוח של התכנית הלאומית, להעריך את התשומות הנדרשות בכל קטע מהתכנית, להעריך את התועלות הלאומיות הן כלפי פנים והן בנושא היצוא ולהגיש תכנית עבודה מפורטת, הכוללת נושאים, לוחות זמנים והצעת תקציב לביצוע התכנית הלאומית.

אנו ממליצים בפני הממשלה לאשר את הקמת "צוות התכנון" בהקדם האפשרי כשלב ראשון בדרך למימושה של התכנית הלאומית של מדינת ישראל בתחום טכנולוגיות התקשוב.

בכבוד רב,

ד"ר יהודה קלע
יו"ר ועדת ההיגוי

מדינת ישראל

משרד המדע והפיתוח
המועצה הלאומית למחקר ופיתוח

משרד התקשורת
יחידת המדען הראשי

ועדת ההיגוי לתקשוב

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב

הצעה לתכנית לאומית:

פיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים

N.C.R.D-9-84

שבט התשמ"ה
פברואר 1985

המועצה הלאומית למחקר ופיתוח
הקריה, בנין ג', מזרח ירושלים
טל' 92 277096/7

"במקום בו הולכים שם תהיה דרך"

פתגם סיני עתיק

הקדמה

על פי החלטת מליאת ועדת ההיגוי לתקשוב מיום 26.5.83 הוקמו מספר תת ועדות לתחומים השונים של התקשוב במדינת ישראל.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב מונתה לחקור ולבחון את תחום "טכנולוגיות התקשוב" (INFORMATION TECHNOLOGIES) במטרה לאתר ולהמליץ על נושאים בהם יש למדינת ישראל סיכוי וענין להגיע להשגים טכנולוגיים וכלכליים ע"י ריכוז מאמצים והכוונה לאומית מתאימה (ראה נספח מס' 1 - כתב מינוי לועדת ההיגוי).

תת הועדה החלה את עבודתה ביוני 1983 וחבריה הם:

בנימין פלד - אלביס, יו"ר תת הועדה עד 30 במרץ 1984;

יוסף מעין - אלרון אלקטרוניקה, יו"ר תת הועדה מ-30 במרץ 1984;

זאב אדלמן - לשכת מדען ראשי, משרד התעשיה והמסחר;

ד"ר מנחם טסה - משרד המדע והפיתוח;

פרופ' י. כצנלסון - פקולטה להנדסת חשמל, טכניון;

יעקב לורברבוים - הטלויזיה הלימודית;

פלג לפיד - אלביס;

מיכה רמתי - עורק בע"מ;

החברים הפעילים היו: י. מעין, ד"ר טסה, י. לורברבוים, פ. לפיד ומ. רמתי.

במהלך עבודת תת הועדה ביקש יו"ר תת הועדה מר ב. פלד להעביר את ראשות תת הועדה למר י. מעין. החל מתאריך 1.4.84 התמנה מר מעין ליו"ר תת הועדה.

תת הועדה נפגשה במהלך עבודתה 20 פעמים.

עבודת תת הועדה התמקדה בנושאים הבאים:

1. סקירת הטכנולוגיות הנכללות בתחום התקשוב ואיתור הטכנולוגיות הראויות לפיתוח במדינת ישראל.
2. בחירת נושא מומלץ.
3. גיבוש הצעה לתכנית לאומית לשם מימוש ההמלצה.

תוכן העניינים

1. סיכום והמלצות

עבודת תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב התמקדה בנושאים הבאים:

1. סקירת הטכנולוגיות הנכללות בתחום התקשוב ואיתור הטכנולוגיות הראויות לפיתוח במדינת ישראל.
2. בחירת נושא מומלץ.
3. גיבוש הצעה לתכנית לאומית לשם מימוש ההמלצה.

טכנולוגיות התקשוב הכוללות את טכנולוגיות התקשורת, המחשבים, המיקרואלקטרוניקה והטכנולוגיות הנלוות אליהן, מהוות כיום גורם מכריע בפעילותן הכלכלית של מרבית המדינות המפותחות. ע"פ ממצאי המשרד להערכה טכנולוגית (OTA - OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT) של הקונגרס האמריקאי מגיע כבר כיום חלקן של טכנולוגיות התקשוב, בהגדרתן הרחבה, לכדי 60% מכלל הפעילות הכלכלית של ארה"ב.

"המרוץ העולמי" להשגת בכורה בטכנולוגיות התקשוב בקרב המדינות המערביות, בא לידי ביטוי בתכניות מחקר ופיתוח בקנה מידה לאומי ובהשקעות עצומות ממקורות ממלכתיים בדרך כלל:

א. יפן - "פרוייקט מחשבי הדור החמישי". ההשקעה הצפויה עד סוף שנות השמונים: למעלה ממיליארד דולר.

ב. אנגליה - "תכנית ALVEY". השקעה מאושרת לחמש שנים: למעלה מ-350 מליון לירות שטרלינג.

ג. צרפת - "תכנית TELETEL" שמטרתה להתקין מסוף תקשורת בכל בית אב בצרפת.

ד. גרמניה - פיתוח מסיבי של תעשיית עיבוד הנתונים הגרמנית. השקעה מאושרת לחמש שנים: למעלה משלושה מיליארד מרקים.

ה. השוק האירופאי המשותף - "תכנית ESPRIT". השקעה מאושרת: מיליארד דולר.

ו. ארה"ב - תכניות של DAPRA: סופר-מחשב, מעגלים משולבים בעלי מהירות גבוהה מאוד, ייצור משולב באמצעות מחשב. בנוסף לאלה בולטת התאגדותן של

12 חברות ענק למחשבים ומיקרואלקטרוניקה לשם ביצוע מחקר ופיתוח משותף במתכונת "טרום תחרותית" (PRE-COMPETITIVE).

לנוכח המרוץ הטכנולוגי הנ"ל, מתריעה תת הועדה שישראל עלולה למצוא עצמה הרחק מאחור, אם תישאר פסיבית ולא תנקוט יוזמה מתאימה ומכוונת בתחום זה.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב סבורה שהיערכות נכונה של ישראל צריכה, כתנאי להצלחתה, לתת ביטוי מירבי ליתרונות היחסיים ו/או היחודיים שלה ויחד עם זאת לשקף את מכלול האילוצים והמיגבלות הקיימים בה:

א. קיומו של מאגר כח אדם מעולה.

ב. נכונות גוברת להשקיע במו"פ התעשייתי בארץ מצד גורמים מקומיים וזרים ופתיחות של הממשלה ליצור כלים המעודדים השקעות שכאלה.

ג. נסיון לאומי מצטבר בתכנון ובביצוע פרוייקטים גדולים בהשתתפות גורמים רבים ממיגזרים שונים.

ד. העדר תשתית ומשאבים שיאפשרו להשיג הבקעות בקנה מידה עולמי.

ה. קשיי שיווק.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב החליטה בהתאם לנ"ל, להעדיף מלכתחילה תכנית בעלת אוריינטציה יישומית, חד-תחומית, גמישה למדי ובעלת סיכון נמוך ככל האפשר, אשר תושתת על יכולות מוכחות של ישראל ולא תתיימר להשיג הבקעות טכנולוגיות מן הסוג הכרוך בהשקעות ענק.

המסגרת המתאימה ביותר, לדעת תת הועדה, למימושה של תכנית ישראלית הינה המסגרת של "תכנית לאומית" אשר תאפשר השגת שילוב מקורי של מגוון רחב ככל האפשר של טכנולוגיות תקשוב במערכת שלמה אחת.

תחום הישום המתאים ביותר לתכנית לאומית מבין התחומים בהם יש לישראל יתרונות יחסיים ראשוניים הינו, לדעת תת הועדה, תחום החינוך.

הנימוקים לבחירה זו הם:

1. תחום החינוך עומד במקום שני אחרי הבטחון מבחינת ההוצאה הלאומית.

2. תחום זה יעניק לישראל מיקדמה באשר מדינות אחרות טרם קבעו את הנושא כיעד לתכנית לאומית.

3. לתחום זה יש שוק מקומי פוטנציאלי שיצדיק את ההשקעות הדרושות.

3. בתחום זה יש סיכויי יצוא מבטיחים.

4. התכנית תביא לקידום החינוך בישראל.

5. התכנית נושאת עליה "תו יהודי מובהק".

כדי להשיג הכללה של מרבית טכנולוגיות התקשוב העיקריות במערכת אחת, החליטה תת הועדה להמליץ על פיתוח "מערכות הוראה נעזרות מחשבים" כנושא התכנית הלאומית. בין יתרונותיו של נושא זה מונה תת הועדה:

א. ההוראה המודרנית מתאימה מאוד לקליטת מגוון רחב של טכנולוגיות תקשוב ושילובן למערכת יחודית אחת.

ב. יישום טכנולוגיות התקשוב בהוראה יביא לידי ביטוי את הכושר והנסיון שהצטברו בארץ בפיתוח פרוייקטים בין תחומיים.

ג. הנושא מבטיח השגים בהשקעות סבירות.

ד. השפה העברית יוצרת מלכתחילה את הצורך בפיתוח מקומי.

ה. מערכת החינוך בכללה, המורים, התלמידים והמשק הישראלי יפיקו תועלת מקסימלית מיישומה של התכנית לפיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים.

תחומי הפיתוח המרכזיים ביישומה של התכנית הינם, לדעת תת הועדה, התחומים הבאים: תורת ההוראה, הנדסת תכנה, הנדסת חמרה, ארכיטקטורה של רשתות, מאגרי מידע.

לאחר השלמתם של שלבי הפיתוח העיקריים צופה תת הועדה שהתכנית תעמיד לרשות הגורמים המופקדים על ההוראה, מערכת המבוססת על כח מחשוב ענקי השוכן במרכז אחד או במספר מרכזים; רשת תקשורת מתקדמת ביותר אשר תקשור מרכז זה אל מאגרי מידע, מאגרי ידע ותכניות לימודים בכל הרמות ובכל הנושאים מצד אחד ואל עמדות עבודה משוכללות המותקנות בכל כיתה מצד אחר. העמדות תהיינה משולבות במיגוון רחב של אמצעים ואביזרים חזותיים וקוליים שיאפשרו למשתמשיהן (התלמידים והמורים) שורה שלמה של אופני לימוד, החל בתרגול

ושינון, עבור דרך "דו-שיח" ממשי עם החומר הנלמד וכלה בביצוע סימולציות של תהליכים.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב ממליצה:

א. הממשלה תקים "צוות תכנון" לתכנית. משימות הצוות תהיינה לתכנן, להעמיק, לפרט ולבסס את התכנית ולהציע הצעת תקציב מפורטת, דפוסי ארגון, נהלים ודרכי פעולה לביצועה.

צוות התכנון ימנה כ-10 אנשים, מהם כ:6-7 מומחים בני סמכא בתחומים השונים הדרושים לביצוע התכנית וישלים את עבודתו בתוך ששה חודשים עד שנה בתקציב של 500,000 דולר שיכסו עלויות שכר והוצאות תפעוליות אחרות.

ב. אחרי אישור מסמך "צוות התכנון" תכריז הממשלה על התכנית כ"תכנית לאומית" של מדינת ישראל בתחום טכנולוגיות התקשוב ותקים את "מנהלת התכנית" אשר תופקד על ביצוע התכנית, כפי שתפורט בשלב א' ע"י "צוות התכנון".

תת הועדה ממליצה כי "מנהלת התכנית" תוקם במתכונת של רשות ממשלתית עם סמכויות ואחריות חדים וברורים.

תת הועדה סבורה שההוצאה הלאומית שיש להקצות לביצוע התכנית צריכה להיות כ-250 מליון דולר לתקופה של ארבע עד חמש שנים. הוצאה זו תמומן בחלקה על ידי מימון ממשלתי ישיר ובחלקה על ידי שינוי יעודים של הוצאות ממלכתיות קיימות. כמו כן תישא התעשיה הישראלית בחלק מן ההוצאה הצפויה על פי המתכונת הקיימת במימון הוצאות מחקר ופיתוח.

2. מרוץ טכנולוגיות התקשוב (האינפורמציה) במדינות המערב

המונח "טכנולוגיות האינפורמציה" נולד יחד עם המונח "חברת האינפורמציה" והוא כולל בתוכו את טכנולוגיות המחשוב והתקשורת וכן את הטכנולוגיות הנלוות אליהן, כגון מיקרואלקטרוניקה. המונח העברי "תקשוב" נגזר מן המלים "תקשורת" ו"מחשוב". בהתאם לכך נבחר הצירוף "טכנולוגיות התקשוב" להחליף במסמך זה את המונח "טכנולוגיות האינפורמציה".

כמעט בכל מדינות המערב מקובלת כיום הקביעה שטכנולוגיות התקשוב תהיינה, במשך העשורים הקרובים, הגורם בעל התרומה הסגולית הגדולה ביותר לצמיחתן הכלכלית. כתוצאה ישירה מכך פתחו המדינות המערביות העיקריות במרוץ טכנולוגי במטרה להבטיח לעצמן את חלקן ואת מעמדן הנאותים בכלכלה העולמית. הביטוי העיקרי למרוץ זה הינו בתכניות לאומיות או בתכניות בקנה מידה לאומי של מחקר ופיתוח בטכנולוגיות התקשוב, אשר לשם ביצוען היקצו מדינות אלה משאבים ענקיים.

ע"פ הערכות מקובלות במערב, מובילה יפן את המרוץ עם תכניתה הלאומית הידועה בשם "פרוייקט מחשבי הדור החמישי". זוהי תכנית בעלת מימדים גדולים מאוד שנועדה לפתח מערכות מבוססות ידע (KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS) אשר, כפי שהיפנים מאמינים, יהיו היישום העיקרי של טכנולוגיות התקשוב בשנות ה-90'. על ידי הקניית "אינטלגנציה מלאכותית" למחשבים שיהיו בעלי כשר הסקה לוגי (LOGICAL INFERENCE) ואשר יופעלו ע"י שפות טבעיות, מקוים היפנים לבנות מערכות שיאפשרו לכל אדם, גם ללא מיומנויות מיוחדות, להשתמש בהן להשגת ידע הדרוש לו בכל רמה, בכל נושא ובכל כמות שירצה וכל זה בזמן אמיתי. כדי להשיג מטרה טכנולוגית זו הציבו לעצמם היפנים מטרות ביניים, הנחשבות לשאפתניות ביותר: פיתוח "מעגלים משולבים בקנה מידה גדול מאוד" (VERY LARGE SCALE INTEGRATION-VLSI); טכניקות חישוב מקבילי או מבוזר

(CONCURRENT COMPUTING); שפות תכנות עיליות מאוד כמו פרולוג מקבילי וכן בסיסי ידע גדולים מאד. עד סוף שנות השמונים, אמורה הממשלה היפנית, לדעת מומחים מערביים, להשקיע בפרוייקטים אלה למעלה ממיליארד דולר.

"תכנית ALVEY" הינה התשובה הבריטית המתוכננת היטב, ל"איום" היפני הצפוי. בחלקיה העיקריים מהווה התכנית הבריטית העתק קרוב של התכנית היפנית וכמו האחרונה מתרכזת אף היא בטכנולוגיות VLSI, ממשקי אדם-מכונה, מערכות מבוססות ידע והנדסת תוכנה. מטרתה המוצהרת של התכנית הינה להקנות לתעשייה הבריטית יתרון משמעותי, אם לא בכורה בקנה מידה עולמי, ביחס לתעשיותיהן של מדינות מתחרות (בהקשר זה ראוי לציין שהבריטים דחו על הסף את הצעת היפנים לשיתוף פעולה הדוק בין שתי המדינות בפיתוח מחשבי "הדור החמישי").
"תכנית ALVEY", בהיקף כספי של למעלה מ-350 מליון לירות שטרלינג למשך חמש שנים, אושרה ע"י הממשלה הבריטית בתחילת שנת 1983. התכנית אמורה להיות מבוצעת במתכונת היפנית של מו"פ טרום-תחרותי (PRE-COMPETITIVE R&D) שבו ישתפו פעולה באופן הדוק ומתואם כל הגורמים המעורבים קרי, אקדמיה, תעשיה וממשלה.
בנוסף ל"תכנית ALVEY" יזמה הממשלה הבריטית פעולות נוספות שמטרתן להגביר את מודעות האוכלוסייה לטכנולוגיות התקשוב ולהרחיב את תשתית ההכשרה של כח אדם מקצועי. מבין אלה ראוייה לציון מיוחד היזמה להקמתם של 100 מרכזי הכשרה לטכנולוגיות התקשוב בפריסה כלל ארצית ובהשקעה ראשונית של 20 מליון לירות שטרלינג.

צרפת וגרמניה הצטרפו אף הן למרוץ. התכנית הלאומית הצרפתית מבוססת על הרעיון שיישום מהיר ומסיבי של טכנולוגיות התקשורת האלקטרונית, עד רמה של בתי אב, יוביל ליצירת ה"סביבה" החברתית והטכנולוגית החיונית לפריחתה של תעשיית אינפורמציה תחרותית. לשם מימוש תכנית זו משקיעה הממשלה הצרפתית סכומי עתק בפיתוח ובהקמת מערכות תקשורת המוניות. במסגרת זו יוכנס, ללא

תשלום, לכל בית בצרפת מסוף תקשורת פשוט שיחליף את ספר הטלפונים ויקנה לאזרחים גישה לשרותי תקשורת נרחבים (טלטקסט, וידיאוטקס וכו'). קצב התקנת המערכות בבתי האזרחים מגיע כבר עתה לשיעור מרשים של כ-100,000 לחודש (ע"פ סדר אזורי).

התכנית הלאומית הגרמנית בחרה לכוון את מרבית ההשקעות (למעלה משלושה מיליארד מרקים) לפיתוח תעשיית עיבוד הנתונים הגרמנית. מטרתה הראשונה של התכנית הגרמנית הינה להשיג שליטה של תעשיית האינפורמציה הגרמנית בשוק המקומי (הנשלט כיום ע"י התעשייה האמריקאית בעיקר) וכושר תחרות בשוק העולמי.

השוק האירופאי המשותף יזם אף הוא תכנית רב-לאומית של כל מדינות השוק שמטרתה להכין את הקהיליה האירופאית בכללותה להתמודדות עם שני ענקי הטכנולוגיה: ארה"ב ויפן. התכנית הקרויה ESPRIT (EUROPEAN STRATEGIC PROGRAMME FOR RESEARCH IN INFORMATION TECHNOLOGIES) אושרה רק בחודש מרץ 1984, אחרי שעברה מסלול מייגע של דיונים חוזרים שבהם באו לידי בטוי מחלוקות ואינטרסים מנוגדים בין מדינות הקהיליה לבין עצמן. לבד ממספר יעדים טכנולוגיים מובהקים (כגון פיתוח טכנולוגיות למיקרואלקטרוניקה מתקדמת, עיבוד נתונים מתקדם וטכנולוגיות תוכנה) מכוונת התכנית להשיג בכורה עולמית בשני תחומים ישומיים - אוטומציה משרדית (OFFICE AUTOMATION) וייצור תעשייתי בעזרת מחשבים (COMPUTER-ASSISTED MANUFACTURING). התקציב הכולל שאושר לביצוע התכנית מגיע לכמיליארד דולר.

ארה"ב שאיבדה כבר את בכורתה לטובת יפן, במספר תעשיות עיקריות כמו תעשיית מוצרי האלקטרוניקה לצריכה ביתית, ותעשיית המכוניות, שומרת עדיין על עליונות משמעותית בתעשיית האינפורמציה (מחשבים ותקשורת). יחד עם זאת הגיעו כבר גורמים רבים בחוגי הממשל, התעשייה והאקדמיה בארה"ב להסכמה שללא הערכות מיוחדת אל מול תכניות הפיתוח הענקיות של יפן עלולה להישמט

העליונות האמריקאית גם בתחום מרכזי זה. צורת ההערכות האמריקאית שימשה נושא לדיון ציבורי רציני, הואיל ושיטת הממשל האמריקאית אינה מאפשרת התארגנות ריכוזית כמו זו של היפנים או מדינות אירופאיות מסוימות. בסופו של דבר החליט הממשל האמריקאי לפעול בשני מישורים: הגדלה משמעותית של תקציבי המחקר והפיתוח הפדרליים מחד גיסא והתייחסות מקלה (עד כדי התעלמות מכוונת) לחוקים המגבילים התאגדויות (ANTI-TRUST) מאידך גיסא. ע"פ מדיניות זו יזם הממשל, בעיקר באמצעות DARPA (סוכנות משרד ההגנה לתכניות מחקר מתקדמות), פרוייקטים גדולים מאוד בהיקף כספי ללא תקדים בתחום זה. החשובים בהם הינם:

א. סופר-מחשב בעל מהירות חישוב שתהיה גדולה פי 1000 לפחות מן הסופר-מחשבים הנוכחיים. הפרוייקט נקרא SPREAD (SUPERCOMPUTER PROJECT RESEARCH EXPERIMENT FOR ACCESS AND DEVELOPMENT).

ב. מעגלים משולבים בעלי מהירות גבוהה מאוד - VHSIC (VERY HIGH SPEED INTEGRATED CIRCUITS).

ג. ייצור משולב באמצעות מחשב - ICAM (INTEGRATED COMPUTER AIDED MANUFACTURE).

הסרת האיום של חוקי ה-ANTI-TRUST סללה את הדרך להתארגנות של 12 החברות האמריקאיות הגדולות ביותר (למעט IBM) למחשבים ומיקרואלקטרוניקה במסגרת קונסורציום למו"פ טרום-תחרותי, המהווה בעיניהם את תשובתה של התעשייה האמריקאית לאתגר היפני. קונסורציום זה הנקרא MCC (MICROELECTRONIC COMPUTER CORPORATION) ומרכזו באוסטין טקסס, בנוי על העקרון שמיצוי מקסימלי משולב של פוטנציאל המחקר והפיתוח הקיים בחברות הבודדות יוביל להשגים ולהבקעות שלא ניתן יהיה להגיע אליהם אם תמשכנה החברות לפעול באופן עצמאי.

3. התנאים להערכות לאומית בטכנולוגיות התקשוב

לנוכח המרוץ הבינלאומי החריף להשגת בכורה בטכנולוגיות התקשוב, עלולה ישראל, אם תישאר פסיבית, למצוא עצמה הרחק מאחור. לאפשרות כזו יהיו כמובן השפעות חמורות ומרחיקות לכת על כושר התחרות של תעשיותיה הצעירות עתירות הטכנולוגיה אשר עליהן מושתת הסיכוי לצמיחתו המחודשת של המשק הישראלי.
תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב אשר בידיה הופקדה המשימה לזהות ולהגדיר את התחומים המתאימים ביותר שעל ישראל להשקיע בהם מאמצי פיתוח מרוכזים ומכוונים, הגיעה למסקנה שתכנית לאומית ישראלית תהווה את המסגרת הטובה ביותר לקיום ולקידום עצמתה הטכנולוגית של ישראל. עוד קבעה תת הועדה שתכנית כזו חייבת, כתנאי להצלחתה, לתת בטוי מירבי ליתרונות היחסיים ו/או היחודיים של ישראל ויחד עם זאת לשקף את מכלול האילוצים והמיגבלות הקיימים בישראל. בין אלה מונה תת הועדה את הגורמים הבאים:

א. קיומו של מאגר גדול יחסית של כח אדם בעל מיומנויות טכנולוגיות גבוהות הנתמך ע"י קהילית מחקר חזקה.

ב. נכונות הולכת וגוברת של משקיעים ותעשיינים, מקומיים וזרים, להשקיע במו"פ תעשייתי בישראל.

ג. פתיחות ונכונות של הממשלה ליצור כלים המעודדים השקעות במו"פ (תיקון מספר 48 לפקודת מס ההכנסה, חוק "אלסינט" וכו').

ד. מסורת של יחסי גומלין טובים בין הממשלה לתעשיה המתקדמת בישראל המאופיינת ע"י גמישות ביורוקרטית מקסימלית.

ה. נסיון לאומי מצטבר בתכנון ובביצוע פרוייקטים גדולים בהשתתפות גורמים רבים ממגזרים שונים.

ו. העדר תשתית ומשאבים שיאפשרו למו"פ האזרחי להשיג הבקעות בקנה מידה עולמי בטכנולוגיות העיקריות.

ז. קשיים אוביקטיביים בחדירה לשווקים גדולים.

ח. משאבים ממלכתיים מוגבלים ביותר.

בנוסף לאלה צריכה התכנית המוצעת לקיים את הדרישות הבאות:

א. תמורה מקסימלית אפשרית לכל הגורמים שיהיו מעורבים בביצוע התכנית ולכל המשתמשים הפוטנציאליים ב"מוצריה".

ב. שוק מקומי גדול ומובטח מלכתחילה ל"מוצרי" התכנית, בעיקר כזה שאם לא יבוא על סיפוקו באופן עצמי, יאלץ ליבא את המוצרים הנחוצים לו אפילו במחירים גבוהים יותר.

ג. היזון חוזר בזמן אמיתי וברמה הגבוהה ביותר האפשרית מדרג המשתמשים במוצרי התכנית אל דרג המתכננים והמפתחים.

ברוח התנאים המנחים שדלעיל החליטה תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב להעדיף מלכתחילה תכנית **בעלת אוריינטציה יישומית**, גמישה למדי ובעלת סיכון נמוך ככל האפשר אשר תושתת על יכולות מוכחות (אם כי לא בהכרח מנוצלות) של ישראל. משאביה הלאומיים המוגבלים של ישראל מכתיבים את ההכרח במיקוד מירבי של מאמצי המו"פ תחת פיזורם על שטחי מחקר רבים ושונים. לפיכך חיוני לבסס מלכתחילה את הצלחתה של תכנית כזו על בחירה של נושא מתאים בתחום אחד ועל תכנון יעיל מאוד ומרחיק ראות של מעט המשאבים שיוקצו לתכנית. תת הועדה סבורה שבחירת נושא רב תחומי לתכנית כזו תהיה כרוכה במשאבי כח אדם וכסף שהם מעבר ליכולתה של מדינת ישראל. אסור, לדעת תת הועדה, שהתכנית תקרא תיגר על בכורתן הטכנולוגית ועל שווקיהן המסורתיים של המדינות המפותחות היותר חזקות, או של הענקים הרב-לאומיים. היא צריכה לאמץ תחת זאת תחום או תחומים שהאחרים פסחו עליהם ואשר עדיין הינם בעלי פוטנציאל כלכלי גדול ככל האפשר. יחד עם זאת חיוני, שהטווח הטכנולוגי של התכנית היישומית יהיה רחב ככל האפשר. טווח טכנולוגי רחב הכרחי כדי להבטיח שלמדינת ישראל יקום, כתוצאה מביצוע התכנית, גרעין גדול למדי של אנשי מדע ומהנדסים מיומנים בכל אחד מתחומי המפתח של טכנולוגיות התקשוב.

התכנית לא תנסה להשיג הבקעות טכנולוגיות מן הסוג הכרוך בהשקעות ענק, שאותן יכולות להרשות לעצמן המדינות המערביות הגדולות. היא חייבת להביא לידי בטוי את ה"כשרון" הישראלי המוכח היטב, לנצל טכנולוגיות קיימות הנמצאות בחזית הידע ולעשות בהן שימוש טוב יותר מאחרים כדי להשיג הבקעה יישומית.

בנוסף לכל אלה מאמינה תת הועדה שהתחום המועדף לתכנית לאומית צריך לשאת עליו גם **"תו יהודי"** ברור, אשר ישקף מרכיב כלשהו ביחודיות המסורתית של היהדות.

4. <u>טכנולוגיות תקשוב בהוראה - נושא מועדף לתכנית לאומית</u>

<u>מסגרת התכנית</u>: לאור השיקולים שפורטו לעיל העדיפה תת הועדה כאמור, להמליץ על תכנית לאומית בעלת אוריינטציה יישומית מובהקת, כמסגרת המתאימה ביותר להשגת שילוב מקורי של מגוון רחב ככל האפשר של טכנולוגיות תקשוב במערכת שלמה אחת.

<u>תחום היישום</u>: אחרי בחירת המסגרת, התרכזה תת הועדה באיתור תחום היישום המבטיח ביותר, אשר בו יש לישראל יתרונות יחסיים וסיכוי ממשי להשיג תוצאות משמעותיות. כאלה הם, לדעת תת הועדה, תחומי הבטחון, החקלאות, הבריאות, תעשיית הכספים והחינוך.מבין אלה מצאה תת הועדה את תחום החינוך כמתאים ביותר והחליטה לבחור בו כתחום היישום לתכנית לאומית. להלן השיקולים העיקריים לבחירה זו:

א. תחום החינוך עומד במקום שני אחרי הבטחון מבחינת ההוצאה הלאומית ומהווה שוק מקומי פוטנציאלי בקנה מידה המצדיק את ההשקעות הדרושות.

ב. ריכוז מאמץ לאומי ליישום טכנולוגיות תקשוב בתחום החינוך יעניק למדינת מיקדמה ניכרת, כיון שמדינות אחרות בעולם טרם קבעו את הנושא כיעד לתכנית לאומית בטכנולוגיות התקשוב.

ג. מקומו המרכזי של החינוך וחלקו הגבוה בהוצאה הלאומית בארצות המערביות ובעתיד גם בארצות המתפתחות, יוצרים סיכויי יצוא מבטיחים מאוד לארצות אלה.

ד. התגייסות למאמץ טכנולוגי בקנה מידה לאומי בתחום זה תסייע באופן משמעותי לקידום החינוך בישראל.

ה. תכנית לאומית בתחום החינוך תהווה ביטוי מוצלח מאין כמוהו לדגש ששם העם היהודי על הספר ועל החינוך וליחודיותו בתחום זה.

<u>נושא התכנית</u>: ברוח השאיפה להשיג הכללה של מרבית טכנולוגיות התקשוב העיקריות בתכנית אחת, החליטה תת הועדה להמליץ על פיתוח מערכת כוללנית בעזרת מחשב להוראה כנושא התכנית. (COMPREHENSIVE COMPUTER-AIDED LEARNING SYSTEM) בין השיקולים לבחירה זו ניתן למנות:

א. ההוראה המודרנית מעצם טבעה מתאימה מאוד לקליטת מגוון רחב של טכנולוגיות תקשוב (חלקן הגדול קיים וחלקן טעון פיתוח נוסף) ו"מזמינה" את שילובן למערכת יחודית אחת.

ב. שילוב טכנולוגיות התקשוב בהוראה יביא לידי ביטוי את הכושר והנסיון שהצטברו בארץ בפיתוח פרוייקטים בין תחומיים (במקרה דנן: חינוך, מדע וטכנולוגיה).

ג. נושא ההוראה בעזרת מחשב מבטיח השגים בהשקעות סבירות כאשר חלק ניכר מן ההשקעות הדרושות מוצא כבר ממילא ע"י מערכת החינוך והציבור הרחב.

ד. השפה העברית מגבילה את היכולת להתבסס על פתרונות מיובאים ויוצרת צורך בלתי נמנע בהשקעות למטרות פיתוח מקומי או הסבה של רכש מחו"ל לשפה העברית. פיתוח מקומי יהיה מלכתחילה דו לשוני במתכונת שתתאים לצרכים של

מערכת החינוך בישראל (אנגלית-עברית) ולדרישות של מדינות אחרות (צירופים שונים של דו-לשוניות).

המיצוי המקסימלי של האפשרויות הטמונות ביישום טכנולוגיות התקשוב בהוראה, מותנה לדעת תת הועדה, בגיבוש המלצות מעשיות העומדות בהתאמה מלאה למציאות הקיימת ולזו הצפויה במשק הישראלי מחד גיסא ובמערכת החינוך הישראלית מאידך גיסא. לאור זאת, מצאה תת הועדה לנכון, עוד לפני הגדרת התכנית וייעדיה הטכנולוגיים, לסקור את המאפיינים העיקריים, הבעיות התקציביות ורמת הפעילות הנוכחית של מערכת החינוך לשילוב מחשבים בתכניות הלימודים.

ממצאי הסקירה מסוכמים בנספחים מס' 2, מס' 3, ומס' 4.

להלן תמצית הממצאים:

א. קיימים סימנים מצטברים שמערכת החינוך בישראל לא תוכל להתמודד כהלכה עם פער הידע הגדל והולך של בוגרי מערכת החינוך. זהו פער בין מה שבוגרי מערכת החינוך יודעים למעשה ובין דרישות הידע שעידן טכנולוגיות התקשוב מעמיד בפני החברה והמדינה. אחד הביטויים המובהקים למצוקה הצפויה הינו המחסור, המחריף בהתמדה, של מורים מיומנים למתמטיקה ולמדעי הטבע האחרים בבתי הספר העל-יסודיים (ראה נספח מס' 2).

ב. האילוצים הכספיים הפועלים על מערכת החינוך בישראל מעמידים בספק את יכולתה להעניק, כבר בעתיד הנראה לעין, שירותי חינוך אפילו ברמתם הנוכחית (קל וחומר שיפור איכותם). בחינת הנתונים הרשמיים מלמדת שהגידול המהיר בהוצאה הלאומית לחינוך מגיע כבר עתה לגבול יכולתה של מדינת ישראל לשאת בהוצאה זו. אפילו אם מניחים את ההנחה האופטימית מאוד שעד לשנת 2000 יהיה שיעור הגידול השנתי של התל"ג 10%, תגיע אז ההוצאה הלאומית לחינוך החזויה לשיעור בלתי נסבל של כ-15% מן התל"ג. בתהליך כזה אין למעשה מנוס ממהפיכה משמעותית בשיטות, בתפישות ובאמצעים שיעמדו לרשות מערכת החינוך. אם לא תתרחש מהפיכה כזאת, צפויה ירידה רצינית מאוד באיכות שירותי החינוך שמערכת החינוך אמורה להעניק לחברה הישראלית (ראה נספח מס' 3).

ג. בחודש אוקטובר 1981 הקים משרד החינוך את "הועדה למחשבים במערכת החינוך" והטיל עליה את המשימה לשלב את נושא המחשבים בתכניות הלימודים של כל בתי הספר היסודיים והעל יסודיים בישראל. עד חודש יולי 1983 צויידו במעבדות מחשבים כ-200 מתוך 800 בתי ספר על-יסודיים וכ-200 מתוך כ-2000 בתי ספר יסודיים בהוצאה כוללת של כ-16 מליון דולר. תכנית הועדה מדברת על השלמת המשימה של הצטיידות כל בתי הספר בישראל עד שנת 1988 בתקצוב של 267 מליון דולר (במחירי 1983). השלמת התכנית תצריך איפוא הגדלה של תקציב החינוך בשיעור של 5% לשנה (ראה נספח מס' 4).

5. הערכת המתכונת והרמה הנוכחיים של יישומי מחשבים בהוראה

המכון לחקר הטיפוח בחינוך (שליד בית הספר לחינוך באוניברסיטה העברית) פירסם בחודש דצמבר 1983 סקר על מצב ההוראה בסיוע מחשב בבתי הספר בישראל.[1] עורכי הסקר (דן דיוויס ושות') בחנו את חמש המערכות המסחריות העיקריות הפועלות בבתי הספר מנקודת ראותם של המפיצים ומנקודת ראותם של הצרכנים. הנקודות העיקריות העולות מן הסקר הינן:

א. כל החברות מציעות חמרה (מחשבים וציוד הקפי) המצויה בשוק המסחרי הרגיל (למעט אחת שפיתחה לוח מקשים פשוט יותר אך מוגבל למטרותיה הייעודיות של המערכת).

ב. בארבע מן המערכות אין אפשרות לעבודה בו זמנית על נושאים שונים או ברמות שונות, היות שהלומדה מאוחסנת על דיסקטים המוגבלים בקיבולתם. המערכת החמישית בנויה על תחנות עבודה בלתי תלויות, תלמיד אחד לכל תחנת עבודה. במתכונת זו יכול, באופן עקרוני, כל תלמיד לבחור לעצמו נושא אחר (בפועל, לפי ממצאי הסקר, עובדים כל התלמידים במקביל על אותו נושא).

ג. אין התאמה בין תכניות הלומדה המופיעות ברשימות המפיצים ובין אלה הנמצאות בפועל בשימוש בתי הספר מכיון שחלק מן התכניות היו עדיין

בשלבים שונים של פיתוח, חידוש ושיפוץ וחלקן היו ללא שימוש עקב מיגבלות של מערכת השעות.

ד. כמעט בכל הכיתות שנסקרו הצריכה הפעלת המערכות מפעיל מיוחד (או שניים) בנוסף למורה.

ה. "המפיצים לא הגדירו בבירור את אוכלוסיות התלמידים אליהן מכוונת הלומדה". במלים אחרות: לא ניתן, לדעת עורכי הסקר, לצפות להתאמת סוגי הלומדה השונים לכלל סוגי התלמידים הקיימים בבתי הספר.

ו. נושא המשוב (FEEDBACK) במערכות שנסקרו "דורש בדיקה" לדעת עורכי הסקר. על חלק מהתכניות הם אומרים: "מהראיונות מסתמן כי תלמידים מתרגלים מהר יחסית לצורות התגובה השונות ובעצם מפסיקים להתייחס אליהן".

ממצאי הסקר של דן דיוויס ושות' אינם שונים במהותם מממצאים ומנתונים המופיעים במקורות רבים אחרים אשר מתייחסים לנעשה בתחום ההוראה בסיוע מחשבים במדינות מערביות אחרות (בעיקר ארה"ב). אלה מלמדים ששילוב המחשבים בהוראה הינו עדיין תהליך יקר, בלתי מתוכנן ובלתי אפקטיבי. הוא מונע ע"י שני גורמים עיקריים: הופעתם המסיבית של המיקרומחשבים הזולים (המחשבים האישיים ודומיהם) מחד גיסא וקיומם של כוחות תעשייתיים ומסחריים הפועלים במלוא העוצמה לכיבושם של כל השווקים האפשריים כולל "שוק" ההוראה מאידך גיסא. פרופ' SEYMOUR PAPERT מן המכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (MIT), מי שקנה לעצמו מעמד בכורה עולמי בנושא המחשבים בחינוך, חוזר ומתריע שיישום בלתי מתוכנן ובלתי זהיר של מחשבים בתהליכי ההוראה עלול להוביל למציאות שלילית שקשה יהיה, אם לא בלתי אפשרי לתקנה. ע"פ השקפתו, הפוטנציאל הקיים בטכנולוגיות המחשוב לקידום החינוך הינו עצום **ואסור להחמיצו ע"י שעבוד טכנולוגיות אלה לשיטות הוראה מיושנות.** בהקשר זה ראוי לצטט דברים שאמר פפרט עוד בשנת 1978 בעדותו בפני הועדה למדע וטכנולוגיה של הקונגרס האמריקאי:[2]

אנו חשים שעקב הופעתם של המיקרומחשבים תתרגש עלינו מהפיכה בתוך עשר שנים שאין אנו ערוכים לקראתה כלל ועיקר.
למעשה, אם לא נפעל מיד, יתברר שעוד בטרם הספקנו להכין את התוכנה והלומדה יציפו הטרמינלים של המיקרומחשבים את בתי הספר שלנו, מן המלאי הכמעט בלתי נדלה של החומרה בעולם.
השאלה עתה איננה, אם כן, האם המהפיכה תבוא, אלא כיצד עלינו להיערך לקראתה לכשהיא תבוא.
אני מדגיש: זה יקרה באופן בלתי תלוי בהחלטות כלשהן של רשויות החינוך, הכח המניע מקורו בתעשיה.
בקיומו של המחשב טמון פוטנציאל אדיר להשפעה פסיכולוגית כולל שיפור תהליך הלמידה. זה ישפיע על מבוגרים, ילדים, תינוקות בבית, כמו גם בבתי הספר... לכל ילד תהיה גישה לעוצמה הגלומה במחשב...

דברים דומים אומר במאמר משנת 1983 גם JOHN W. DAMMEYER, המשמש כנשיא חברת EMCCO לפיתוח טכנולוגיות הוראה ממוחשבות, ומי שהיה בעבר סגן נשיא חברת CDC אשר פיתחה את מערכת ההוראה הממוחשבת PLATO.[3]

טכנולוגית המחשבים שהיקף יישומיה הוא הרחב ביותר מבין הטכנולוגיות פרי המחקר המדעי ב-30 השנים האחרונות, איננה מנוצלת כראוי בתחום החינוך כיום.
לאחר תשע שנות מחקר של מכלול ההיבטים של למידה בעזרת מחשבים, מסקנותי העיקריות הן:

* הפוטנציאל לשימוש יעיל של מחשבים בחינוך מוגבל רק ע"י הנטיות והדמיון שלנו.
* הנטיה הנוכחית היא לאמץ "מחשבי צעצוע" אשר למעשה מגדילים אך במעט את האפקטיביות של מסורות חינוכיות בנות מאות שנים.
  מחשבים לא יביאו לשיפורים מהותיים בחינוך עד שלא נשתמש בהם בתכנית הלימודים עצמה, עבור על התלמידים ובכל המקצועות.
* ישנה סכנה ממשית שגם דור זה יחלוף על פנינו מבלי שנשכיל לנצל את ההזדמנות לשימוש אפקטיבי במערכות להוראה בעזרת מחשבים, ומנקודת מבט של החינוך הממלכתי יתכן שהזדמנות זו תוחמץ לעולם.

מסתבר שלמרות הפעילות המגוונת ורבת ההשקעות בעולם ובישראל ביישום מחשבים למטרות הוראה, לא הושגה בתחום זה עד היום הצלחה משמעותית מכיון שפעילות זו נסתכמה למעשה ב"הכנסת המחשב לתוך הכתה". גישת תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב קוראת, לעומת זאת, לריכוז המאמצים בכיוון הפוך: "הכנסת הכיתה לתוך המחשב" באמצעות מערכות הוראה ייחודיות בעזרות מחשבים. פיתוח של מערכות כאלה שישיגו את מטרתן הינו משימה הנמצאת מעבר ליכולתם של חברות מסחריות וגופי מינהל או מחקר בודדים. לדעת תת הועדה, זוהי משימה בקנה מידה לאומי והיא דורשת מאמץ רב-תחומי ושיתוף פעולה בלתי שגרתיים בין כל המיגזרים העשויים לתרום לנושא, קרי, אנשי חינוך, אנשי מדע, אנשי מינהל, מהנדסים וטכנולוגים בכל הרמות.

6. מאפיינים פונקציונליים של המערכת להוראה בעזרת מחשבים

כיצד תפעל ותתנהג המערכת המוצעת להוראה בעזרת מחשבים ובמה היא תהיה שונה ממערכות או פתרונות קיימים לשילוב מחשבים בהוראה? לדעת תת הועדה חייבת המערכת לבטא בעצם מהותה את השאיפה לקיום תקשורת אידיאלית בין התלמיד המצוי ובין המורה הרצוי, זה הראוי להיקרא "אמן ההוראה". מערכת כזו, בדומה לתפישות החדשניות של מערכות מומחיות (EXPERT SYSTEMS), תהיה אכסניה לכמויות עצומות של ידע, תורות ושיטות ותכיל בתוכה אמצעים בנויים ומהירים ביותר להקנייתם. היא תאפשר בסופו של דבר את הקשר הישיר של כל תלמיד לכל אמני ההוראה, בכל נושא הניתן ללמידה, כאילו התקיימו הלימודים במתכונת של פנים אל פנים.

קביעת מאפייניה הפונקציונליים המפורטים של המערכת הינה משימה שאותה יבצעו צוותי המומחים אשר יופקדו על פיתוח המערכת. יחד עם זאת מצאה תת הועדה לנכון לשרטט, במונחים כלליים למדי, דוגמה לסידרה של מאפיינים כאלה על מנת להמחיש את היקפה ויחודיותה של תכנית הפיתוח המוצעת:

<u>מאפיינים כלליים</u>

א. המערכת תשמש את בני כל הגילים הכלולים במערכת החינוך החל מגיל הלימודים הנמוך ביותר.

ב. השימוש במערכת למטרות לימודים לא יהיה מותנה בידיעה קודמת או בנסיון קודם של עבודה עם מחשבים.

ג. כל תלמיד יוכל לעשות שימוש במערכת בכל זמן ולאורך כל זמן שיחפוץ.

ד. גישה לרשומותיו האישיות של התלמיד במערכת תהיה מותרת רק לאנשים מוסמכים. דין הרשומות יהיה כדין המחברות האישיות.

ה. השימוש במערכת יהיה מותנה בזיהוי יחודי וחד משמעי של המשתמש (למשל, באמצעות קולו או טביעת אצבעותיו).

<u>מאפייני התקשורת משתמש-מערכת</u>

א. זמן התגובה של המערכת יהיה המהיר ביותר שניתן לצפות בהתאם לסוג הפעולה המבוצעת (דרישה קריטית זו מבטיחה שזמן התגובה לא יאט את קצב עבודתו של התלמיד ולא יקטע את ריכוזו בעבודתו).

ב. התקשורת בין המערכת והתלמיד תהיה באמצעות שפתו הטבעית ולא באמצעות שפות מחשב פורמליות. המערכת תכיר את הכללים והצרופים הלשוניים המקובלים (דקדוקיים ותחביריים) של שפת הלימוד.

ג. עמדת העבודה ("מסוף") של התלמיד תהיה רב-תכליתית (MULTI-MEDIA) ותאפשר העברה והצגה של אינפורמציה כגון, טקסט, גרפיקה, תמונה וקול ובאיכות הגבוהה הנדרשת - תצוגה יציבה, ללא הבהובים וללא החזרות אור בדומה להדפסות איכות על נייר.

ד. המערכת תקלוט באמצעות משטח התצוגה כל רישום גיאומטרי שהמשתמש ישרטט באצבעו, בעט אור או בהתקן מתאים אחר. המשתמש יוכל באותו אופן גם לשנות לפי בחירתו את מיקומו של כל אובייקט על משטח התצוגה בלי לשנות את

התוכן של אזורים אחרים (שיש אליהם גישה - ADDRESSABLE) וכן יוכל להדגיש ולהבליט חלקים מוגדרים של התצוגה ע"י שינוי הבהירות, שינוי הצבע או הבהוב, כפי שיבחר.

<u>מאפייני התקשורת משתמש-משתמש</u>

א. כל משתמש במערכת יוכל באמצעות עמדת העבודה שלו לקיים (באופן עקרוני) קשר (בתכתובת או בשיחה קולית) עם כל משתמש אחר הן בצורה חיה (בזמן אמיתי) או באמצעות "דאר אלקטרוני".

ב. המערכת תאפשר קיום "משחקים" רבי משתתפים וניהול דיונים רבי משתתפים, באמצעות תצוגות מתאימות (בדומה ללוח כיתה, למשל) ומערכות שמע רב ערוציות.

<u>מאפייני יכולת ההוראה של המערכת</u>

א. שירותי ההוראה והלמידה שהמערכת תעמיד לרשות התלמידים יהיו בדרגה הגבוהה ביותר של מצויינות. התוכן הקוריקולרי צריך להיות באיכות שווה לפחות לאיכותם של ספרי הלימוד הטובים והמעודכנים ביותר.

ב. למידה באמצעות המערכת צריכה להיות מהירה יותר (בזמן) ומעמיקה יותר (בקליטה והבנה) מכל שיטת לימוד קבוצתית אחרת.

ג. המערכת תעמיד לרשות התלמיד והמורה את האינפורמציה הנדרשת בנושא הנלמד, אשר קיימת היום, בין היתר, בצורת ספרי לימוד, אנציקלופדיות, אלבומים, תקליטים, סרטים וכיו"ב. היא גם תאפשר קליטה ואגירה של כמויות גדולות של אינפורמציה הנוצרת כל הזמן מחדש.

ד. המערכת תעמיד לרשות התלמיד והמורה את ה"כלים" החישוביים, האנליטיים והתכנוניים שידרשו ללימוד כל נושא מסוים (בדומה לקונספציה של מערכות תיב"מ). המערכת תאפשר למידה באמצעות סימולציה באיכות גבוהה

ביותר של כל נושא הניתן לסימולציה (ניסויים בכימיה, פיזיקה, ביולוגיה ואלקטרוניקה; טיולים מדומים במסגרת לימודי טבע וגיאוגרפיה וכיו"ב).

ה. למידה באמצעות המערכת תהיה אינטראקטיבית. לדוגמה: לרשות התלמיד והמורה יעמדו אמצעים לקליטה ועיבוד של אותות שמקורם במתמרים (טרנסדיוסרים) הקשורים לניסויי התופעה הנלמדת. אותות אנלוגיים יתורגמו לאותות ספרתיים שיבחנו על ידי מודלים תיאורטיים של התופעה הבנויים מלכתחילה בתוך המערכת. התלמיד מגיב באופן רצוף על התוצאה ע"י שינוי האותות עד קבלת התוצאה הרצויה.

ו. המערכת תספק למורה ולתלמיד עזרים אדמיניסטרטיביים התומכים בלמידה אישית, כגון: אנליזה של השגים, בדיקת בחינות, מעקב, הערכה ודיווח על התקדמות (או בעיות) של כל תלמיד. ניתוח האפקטיביות של שעורים, של מחברי שעורים ושל קורסים שלמים וכו'.

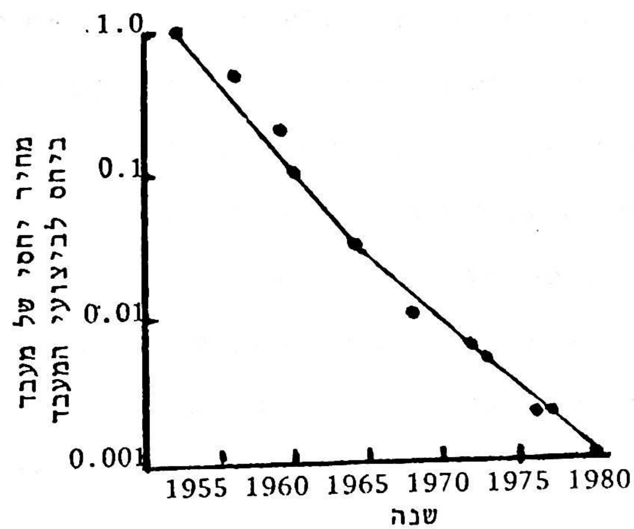
מאפייני הארכיטקטורה של המערכת

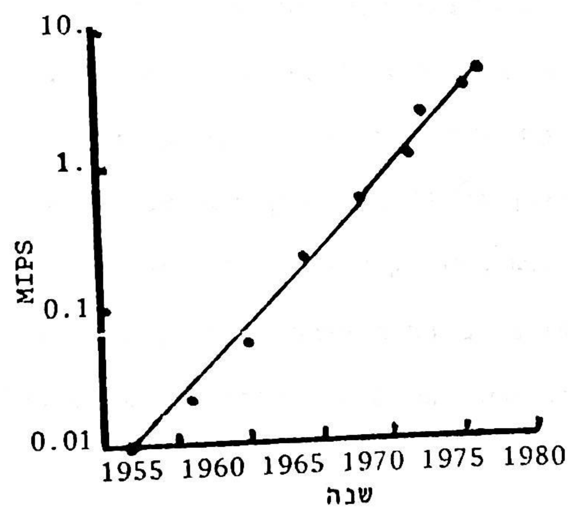
א. המערכת תהיה מודולרית בכל רמותיה (חמרה, תכנה ואביזרים), גמישה ופתוחה (OPEN-ENDED).

ב. הארכיטקטורה המודולרית של המערכת תבטיח את התפתחותה המתמדת בהתאמה להתפתחות הצרכים של אוכלוסיית המשתמשים מצד אחד ולהתפתחויות הטכנולוגיות מצד אחר. היא צריכה לענות גם על הדרישה לתחזוקה שוטפת מהירה, פשוטה וזולה.

7. ההיתכנות הטכנולוגית לפיתוח מערכות הוראה בעזרות מחשבים

הציור הבא מתאר בצורה גרפית את קצב ההתפתחות של פונקצית המחשב העיקרית - מספר הוראות המכונה המבוצעות בשניה אחת (MIPS = MILLION INSTRUCTIONS PER





מקור: Donald P. Kenney, Microcomputers, New York: AMACOM, 1978.

ציור מס' 1

SECOND). מסתבר שבמשך תקופת זמן של חמש עשרה השנים עד 1980 גדל כושר החישוב של מעבדי המחשבים במונחים של MIPS פי 1000 ומחירי המחשבים ירדו אף הם באותו שיעור. עובדה זו, שהינה פועל יוצא של קצב ההתקדמות האקספוננציאלי של טכנולוגיות המיקרואלקטרוניקה, באה לידי ביטוי בחדירה מסיבית של טכנולוגיות המחשוב כמעט לכל מיגזרי הפעילות של החברה המערבית. למרות תופעה זו נשאר המחשב, ביסודו של דבר, לא יותר מאשר מכונת חישוב עסורה הילת-יתר. רק בשנים האחרונות על רקע התפתחותן של טכנולוגיות מזעור מתקדמות יותר החלה להסתמן המגמה של פיתוח מערכות המסוגלות לבצע פעולות דמויות חשיבה אנושית. בין פעולות אלה מהווה כושר ההסקה את אחד היעדים הראשונים למימוש באמצעות מכונות. טכניקות מתמטיות חדשות מאפשרות כבר כיום ביצוע פעולות של הסקה לוגית פורמלית על מחשבים גדולים (MAINFRAMES). מחשב גדול בעל מהירות בינונית מסוגל בטכנולוגיות הנוכחיות לבצע כ-1000 פעולות הסקה לשניה (LIPS=LOGICAL INFERENCES PER SECOND). היפנים, במסגרת תכניתם הידועה בשם "מחשבי הדור החמישי" הכריזו ב-1982 על כוונתם לפתח מעבדים בעלי כושר בצוע של אלף מליון (10^9) LIPS תוך עשר שנים. משמעות הדבר הינה פשוטה בעיקרה: גם אם תושג מטרה זו רק באופן חלקי ישיגו מחשבי הדור החמישי יכולת "חשיבה" (REASONING) בקצב הרבה יותר גבוה מן הקצב בו הגיעו מחשבי הדור הנוכחי ליכולת החישוב המדהימה שלהם. התפתחותן של טכנולוגיות נלוות כגון, מאגרי נתונים, תקשורת, תצוגות, מערכות מומחיות (EXPERT SYSTEMS) וכו' נמצאת אף היא, בשנים האחרונות, בתנופה מואצת שהולידה וממשיכה להוליד השגים מרשימים ביותר. כתוצאה מכך מתרחשת כיום מהפיכה טכנולוגית שאת מימדיה קשה לשער ואשר תקיף את כל מגזרי הפעילות בחברה האנושית המודרנית.

על פי קצב ההתפתחות הנוכחי והצפוי של ביצועי המחשבים וטכנולוגיות התקשוב האחרות, תוך ירידה מתמדת של מחיריהם, אין למעשה ספק, לדעת תת הועדה, בהיתכנותה הטכנולוגית של התכנית המוצעת. בכל מקרה, בטווח זמן קצר יחסית, תתחיל החדירה המסיבית של טכנולוגיות התקשוב למערכות החינוך וההוראה.

האתגר בתחום זה הינו בתכנון נכון ומקורי של מערכות שלמות ולא בפיתוח הטכנולוגיות הנפרדות.

לאחר השלמתם של שלבי הפיתוח העיקריים צופה תת הועדה שהתכנית תעמיד לרשות הגורמים המופקדים על ההוראה, מערכת המבוססת על כח מחשוב ענקי השוכן במרכז אחד או במספר מרכזים; רשת תקשורת מתקדמת ביותר מסוגה תקשור מרכז זה אל מאגרי מידע, מאגרי ידע ותכניות לימודים בכל הרמות ובכל הנושאים מצד אחד ואל עמדות עבודה משוכללות המותקנות בכל כיתה מצד אחר. העמדות תהיינה משולבות במיגוון רחב של אמצעים ואביזרים חזותיים וקוליים שיאפשרו למשתמשיהן (התלמידים והמורים) שורה שלמה של אופני לימוד, החל בתרגול ושינון, עבור דרך "דו-שיח" ממשי עם החומר הנלמד וכלה בביצוע סימולציות של תהליכים. כל אלה כאמור, בשפה טבעית או כמעט טבעית.

8. <u>מתווה טכנולוגי של התכנית - תחומי פיתוח</u>

חמישה תחומי פיתוח נראים כחיוניים למימוש מאפייני מערכת הוראה בעזרת מחשבים כגון אלה שפורטו בפסקה 6 ולהצלחתה של התכנית כולה: תורת ההוראה; הנדסת תכנה; הנדסת חמרה; ארכיטקטורה של רשתות; מאגרי מידע וידע.

<u>תורת ההוראה</u>

לתורת ההוראה שמור תפקיד מפתח בתכנון ובפיתוח המערכת. מוקדי הפעילות בתחום זה יכללו את הנושאים הבאים:

א. בחינה והגדרה של מכלול התהליכים הכרוכים בלמידה ובהוראה כמו למשל, שיטות לימוד חליפיות, מערכי שיעורים מתאימים, שיטות מעקב והערכה של השגי התלמידים וכו'.

ב. פיתוח כלים לאיסוף ופירוש המשוב (FEEDBACK) שיופק ע"י המערכת לגבי כלל משתמשיה לשם שיפור מתמיד של התהליכים הפדגוגיים.

ג. יצירת תכניות לימודים אלטרנטיביות וגמישות בהתאם לצרכים של החינוך הפורמלי והבלתי פורמלי ודרישות משרד החינוך.

ד. בחינה של תפקוד המורים על רקע השינויים שיחולו בארגון הלמידה ובתנאי עבודתם בעיקר בשל העברת מרכז הכובד בעבודתם, מתיווך להעברת ידע, לחינוך במשמעו המקורי.

ה. פיתוח שיטות חדשות להכשרה ולהשתלמות של מורים.

ו. בחינה של ההירכיה הקיימת במערכת החינוך לאור הסביבה החדשה שתיוצר עם יישומה של התכנית להוראה בעזרת מחשבים.

למחשב היכולת להיות מכשיר העזר הלימודי הגמיש ביותר שעמד אי פעם לרשות האדם. מכשיר זה מסוגל לפעול בשלושה אופנים: כמלמד (TUTOR), ככלי לביצוע משימות (TOOL) וכמתלמד (TUTEE). כדי להוציא יכולת זו מן הכח אל הפועל יש צורך בהעמקה ופירוט של תורות החינוך כדי להגיע לסינתיזה הטובה ביותר והגמישה ביותר של שלוש האפשרויות.

הנדסת תכנה

התכנה שתתמוך במערכת תהיה גורם עיקרי שיקבע את הצלחתה של התכנית. סביר גם להניח שבסופו של דבר תצרוך התכנה את מרבית המשאבים שיועמדו לרשות התכנית. התכנית צריכה לשאוף לפיכך לפיתוח השיטות האמינות ביותר והזולות ביותר האפשריות לתכנון התכנה, הפקתה ובקרת איכותה ותחזוקתה. פרוש הדבר שיהיה צורך להגיע ליישום של כלים אוטומטיים מתקדמים ביותר לפיתוח תכנה. עם אתגר זה תצטרך להתמודד תעשיית התכנה הישראלית שתידרש לפתח לשם כך יכולת גבוהה במיוחד ואולי אפילו עמדת בכורה בתחום זה.

בטווח הקצר יש לבחור תחילה בשפה עילית אחת מתאימה (או בכמה שפות עיליות) או לחילופין לפתח שפה כזו ולגבש תקנים נוקשים על מנת להבטיח תאימות מלאה של התכנה עם האלמנטים האחרים של המערכת.

לטווח הארוך יותר יש להציג, בין היתר, את המטרות הבאות:

א. בנית כלי תכנה לפיתוח תכניות לימודים שיבטיחו שליטה מלאה של המורים על הכנתן עם ידע מינימלי בתכנות מחשבים מסורתי. על כלים אלה להבטיח גם שתהליך השיפור, השינוי והתחזוקה של התכניות יהיה קל ומהיר.

ב. בנית מערכות הפעלה לשליטה במערכות ההוראה ברמות ייעוד שונות.

ג. פיתוח מערכי תכנה לניהול של רשומות ומעקב אחר השגי התלמידים, הכיתות, המוסדות וכו'.

ד. פיתוח כלי תכנה גמישים לאיסוף ועיבוד נתונים שיאפשרו השגת אינפורמציה על מערכת החינוך בכללה (לשימוש רשויות החינוך בעיקר).

ה. הקמת מאגר נתונים שיכלול את כל כלי התכנה למטרות הוראה.

ו. פיתוח כלי תכנה שיאפשרו תחזוקה ובקרה של התכנה ויבטיחו את איכותה ועמידתה בתקנים שיקבעו.

הנדסת חמרה

מרבית המיקרו-מחשבים והמסופים המשמשים כיום למטרות הוראה "שאולים" משטחי פעילות אחרים שעבורם הם נועדו מלכתחילה. את אלה יש להחליף ב"תחנות עבודה" ואביזרים נלווים שיתוכננו מראש למטרות הוראה ושיהיו גזורים בהתאמה מקסימלית ליכולתם המוטורית וחושיהם של המשתמשים המיועדים. פירוש הדבר - הנדסת אנוש ספציפית ולא כוללנית. תחנת העבודה החדשה צריכה לכלול בתוכה יכולת דיאגנוסטית מובנית ולהיות בנויה ברמת מודולריות גבוהה ככל האפשר, הן בחמרה והן בתכנה. רמת דיאגנוסטיקה ומודולריות כזאת תעשה את תחזוקת המערכות לקלה ופשוטה גם ע"י אנשים חסרי הכשרה טכנית מיוחדת (שליפת החלק הפגום והחלפתו בחלק תקין). היא גם תאפשר את שיפורה המתמיד של המערכת ע"י

סילוקם של מודולים שהתיישנו ושילוב מודולים חדשים שיהיו תולדה של התפתחויות טכנולוגיות אפשריות (כמו יחידות עיבוד מרכזיות מהירות יותר, וידיאו דיסקים ספרתיים, צגים שטוחים של גבישים נוזליים או אחרים, מעבדי קולות וכו'). הכרחי לשאוף מלכתחילה שאימוץ טכנולוגיות מתחדשות לא יהיה כרוך בהחלפת המערכת כולה.

הטכנולוגיה של מעגלים משולבים בקנה מידה גדול מאוד (VLSI) מבטיחה, ככל הנראה, את השגת המטרות של מודולריות ברמה גבוהה ובמחיר נמוך יחסית. תת מערכת שלמה (אם לא מערכת שלמה) תהיה "יצוקה" בודאי על שבב אחד ומובן שבייצור המוני ניתן להגיע למחירים נמוכים יחסית. כבר כיום יש לישראל יכולת מחקרית ותעשייתית המסוגלת להתמודד עם המשימה של פיתוח מעגלים כאלה וייצורם.
בתכנון תחנת העבודה יש לשים דגש גם על שילובן של התכונות הבאות:

א. טיב התצוגה - רזולוציה ויכולת אנימציה גבוהים.
ב. אמצעי מישק (INTERFACES) אדם-מכונה המותאמים ליכלתם ולצרכיהם של הלומדים.

<u>ארכיטקטורה של רשתות</u>

תקשורת טובה ויעילה בכל הרמות הינה חיונית להשגת מטרותיה של התכנית. לשם כך אפשר לבנותה כרשת היררכית. המבנה שלהלן הינו דוגמה למתכונת אפשרית :
א. <u>רשת כיתה</u>: רשת זו אמורה להיות נשלטת ע"י המורה ולאפשר לו בחירה בין קונפיגורציות שונות בהתאם לנסיבות. היא תאפשר למורה לפקח ולשלוט על עמדת העבודה של התלמיד. לדוגמה: מורה יוכל למנוע מן התלמיד גישה לתכנית מסוימת (או ל"שיעור") או לחילופין למנוע ממנו תקשורת עם חבריו לכיתה במהלך בחינה.

ב. רשת בית ספר: זו אמורה לקשור את כל תחנות העבודה בתוך רשת מקומית. לתחנות העבודה של התלמידים הקשורות כבר ברשת הכיתה תהיה גישה לרשת בית הספר באמצעות תחנת העבודה של המורה. רשת בית הספר תאפשר ניהול רשומות הישגים, גישה לתכניות לימודיות, מקורות ובסיסי נתונים שיהיו במאגר מרכזי של בית הספר וכן למטרות דומות אחרות.

ג. רשת בין מוסדית: מטרתה של רשת זו תהיה להבטיח תקשורת מקסימלית מכל הסוגים בין מורים לבין עצמם, בין מורים לרשויות החינוך ובין מורים וחוקרים העוסקים במחקר לימודי וחינוכי וכן תקשורת לבסיסי נתונים, למרכזי הוראה וכו'.

את כל אחת מן הרשתות הללו יש לפתח בהתאמה לדרישות, אלו שהוזכרו ואחרות שיעלו בודאי במהלך תכנון ופיתוח המערכת. גורם חשוב שיש להתייחס אליו במהלך הפיתוח הינו מהירות השיגור של האינפורמציה. למרבית הרשתות הנפוצות כיום יש מהירויות שיגור נמוכות המגבילות את כמות האינפורמציה הגרפית שניתן לשגר בהן. יש לשאוף לאיזון אופטימלי של רשתות התקשורת: מהירויות תקשורת גבוהות ברשתות הפרטיות הפנימיות של בתי הספר ומהירויות נמוכות כאשר התקשורת עוברת באמצעות הרשת הציבורית. מאידך, יש לקבוע כתנאי שתכנון הרשתות יהיה גמיש דיו כדי לאפשר מעבר למהירות שיגור גבוהות ככל הנדרש כאשר עלות הטכנולוגיות הרלבנטיות תקטן.

בנוסף, תאפשר הרשת על ידי התחברות לרשתות ציבוריות גישה מבוקרת למאגרי המידע מכל הרמות וחיבור עמדות עבודה אל הרשת גם מחוץ לתחומי מוסדות החינוך.

מאגרי מידע

כבר כיום מאפשרת הטכנולוגיה של מאגרי נתונים את הקמתם של מאגרי מידע ענקיים תוך ביצוע מהיר מאוד של פעולות אחסנה, עיבוד ושליפה. משימתו של הצוות שיופקד על תחום זה תהיה לפיכך לבנות מאגרי אינפורמציה גדולים

שיכללו את תכניות הלימודים של המערכת החדשה, ידע כללי וכל אינפורמציה אחרת עם נגיעה למערכת ההוראה. בנוסף לאלה יש להקים בנק נתונים שיכיל את כל האינפורמציה הזמינה על התכנית כמו כלי התכנה והספציפיקציות האחרות של המערכת לתועלת כל הגורמים המעורבים בתכנון, פיתוח והפעלה של המערכת.

קצב התפתחותן של מערכות (מבוססות-)ידע אינטלגנטיות מצביע על כך שבתוך תקופה של חמש עד עשר שנים ניתן יהיה לשלבן בתכנית המערכת החדשה. שילוב זה יביא את המערכת לרמה טיוטוריאלית אמיתית. אז יוכל כל תלמיד לשאול שאלות באופן חופשי ולקבל תשובות מיידיות בשבתו מול תחנת העבודה.

מעבר לדרישה שכל אחת מן הטכנולוגיות החיוניות, שצוינו לעיל, צריכה להיות מופקדת בידי צוות מיוחד של מומחים, עומדת הדרישה הקריטית יותר לשיתוף פעולה ותאום הדוקים בכל רמות התכנון והביצוע. קריטיות זו הינה פועל יוצא מן העובדה שפיתוח המערכת וישומה כרוכים בחפיפה רבה בין הטכנולוגיות החיוניות (בעיקר בין רמות החמרה והתכנה).

9. היתרונות הצפויים למיגזרים השונים מביצוע התכנית

מערכת החינוך בישראל הינה "מוסד" לאומי מרכזי. כל שינוי פתאומי ובלתי זהיר יכול לשבש את פעילותה ולזעזע את המבנה החברתי בישראל. לכן, סבורה תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב שיש לבנות את התכנית הלאומית המוצעת ביסודיות ובקפדנות ולהכניס את מערכות ההוראה החדשות לבתי הספר תוך בחינה מתמדת וזהירה של תוצאות השילוב. כמו כן, יש לבצע את התכנית באופן כזה שהיא תענה לצרכים של כל הגופים שיהיו מעורבים בה ותציע להם את מקסימום התועלת האפשרית.

להלן, תיאור היתרונות והתועלת שיפיקו כל הגורמים שיהיו מעורבים ביישומה של התכנית המוצעת.

החברה הישראלית בכללותה

התכנית לפיתוח מערכות הוראה בעזרות מחשבים תתמוך באופן ישיר בשאיפתה של מדינת ישראל להמשיך ולהתפתח כחברה של טכנולוגיה גבוהה ותעמיד לרשותה כלים טובים יותר להשגת המטרות הבאות:

א. מערכת חינוך יעילה ואפקטיבית המנצלת בצורה מיטבית את המשאבים הלאומיים המופנים לחינוך.

ב. פתיחות, מודעות והבנה של הציבור במדע בכלל ובטכנולוגיות התקשוב בפרט.

ג. הכנה של בוגרי מערכת החינוך ליישום מושכל של כלי תקשוב בעבודתם ובביתם.

ד. יצירת מאגר רחב של מדענים, מהנדסים ועובדים טכניים המשתמשים באמצעי תקשוב.

ה. העמדת בסיס ידע רחב ביותר לרשות הלומדים, בכל תחומי הלימוד: לימודים הומאניים, יצירתיים, מדעיים וטכנולוגיים.

ו. הקניית טכניקות והרגלים של לימוד עצמי, חיפוש במקורות ובבסיסי מידע, ניסוי והסקת מסקנות.

ז. סיוע באיתור ובזיהוי כשרונות בגיל צעיר מאד, עידודם וטיפוחם בהדרכה אישית ומותאמת.

כמות הידע בחברה המודרנית גדלה בקצב דרמטי ורק מעטים יכולים להדביקה באמצעות הכלים הקיימים. עובדה זו יוצרת **פער ידע** בקרב האוכלוסין. הוראה באמצעות מערכות בעזרות מחשבים תעצור ותשנה התפתחות שלילית זו. היא תסייע לאנשים לצמצם או אפילו לבטל את פער הידע ותטפח את יכלתם לחשוב בכוחות עצמם.

רשויות החינוך

התכנית המוצעת לפיתוח ויישום מערכות הוראה בעזרות מחשבים תסייע לרשויות החינוך להתמודד בהצלחה גדולה יותר בבעיות העיקריות העומדות בפניהן:

א. הקטנת ההוצאה הישירה לשעת תלמיד לשם צמצום הגידול הגואה בהוצאה הלאומית לחינוך, תוך שמירת איכות החינוך ואף שיפורה.

ב. התגברות על המחסור החמור במורים למדעים מדויקים (פיסיקה ומתמטיקה בעיקר).

ג. יישום מהיר ומבוקר של שינויים בתכנים הנלמדים ובשיטות ההוראה.

ד. הפעלת מערכות ניהול ממוחשבות, לניהול יעיל של אדמיניסטרציות בתי הספר (תכניות לימודים, כספים, רכש ורכוש וכו').

ה. יצירת רשת להזרמת אינפורמציה בין מרכיבי מערכת החינוך.

ו. הדרכה ועדכון של מורים והסגל החינוכי, לרבות הקניית הידע על מערכות תקשוב לסגל החינוך.

הצרכים שנמנו מחייבים את המתכננים להבטיח שעלות ההוראה באמצעות המערכות החדשות תהיה **יקרה פחות** מעלותה של ההוראה כיום. ההתפתחות המתמדת של טכנולוגיות התקשוב המלווה בירידה עקבית של מחירי הציוד והתכנה מאפשרים השגת מטרה זו.

התכנון המודולרי של המערכות יאפשר את הרחבתן ושיפורן באופן מתמיד ויקל על רשויות החינוך את תחזוקתן השוטפת והזולה.

יהיה צורך לגשר על חוסר הידע והנסיון המועט של המורים בהפעלת אמצעי התקשוב. תכנון המערכות יכלול פתרונות בנויים ללימוד **והכשרת המורים** וכלי עזר משוכללים בעזרי מחשב שיסייעו למורים להכין את תכניות הלימודים השעורים והמבחנים.

השינויים המהירים בהם מתנסה החברה המערבית בכלל והחברה הישראלית בפרט מעמידים את מערכת החינוך בפני הצורך הקבוע **להתאים את תכניות הלימודים לדרישות המשתנות**. מערכות ההוראה החדשות תהיינה לכן **גמישות במידה מקסימלית** מבחינה זו, אפילו עד כדי אי תלות בתכניות הלימודים. באופן כזה לא תעמוד מערכת החינוך בפני קשיים מיוחדים כאשר יתעורר צורך בשינויים של נושאים, שיטות פדגוגיות וכו'.

כל הסימנים מעידים שלא צפוי שיפור במחסור ההולך ומחמיר במורים מיומנים למקצועות המדעים המדוייקים בעתיד הקרוב. אחד הפתרונות לבעיה זו יבוא באמצעות המערכות המתוכננות "להוראה בעזרת מחשבים" אשר ייבנו על פי תפיסה של **מערכות העומדות בפני עצמן**, קרי, מערכות שתאפשרנה גם למורים מיומנים פחות במקצועות הללו, לנהל, לפקח ולהעביר בהצלחה קורסים כאלה.

התכנית תציע תשובה מספקת לצורך הגדל והולך של משרד החינוך **בשיפור זרימת האינפורמציה בתוך מרכיבי מערכת החינוך** ומהן אליו וזאת על רקע הגידול הכמותי המתמיד והגידול במורכבותה של מערכת החינוך. כאן, תוך תכנון מושכל לניצול יעיל של כח המחשוב האדיר שיעמוד לרשות מערכת החינוך, יספקו מערכות ההוראה החדשות **לרשויות החינוך מידע והיזון חוזר** בזמן כמעט אמיתי על כל פעילויות בתי הספר ויאפשרו גם הפצה יעילה, זולה ומהירה של אינפורמציה לבתי הספר (כמו למשל בצורת בוליטינים וכתבי עת אלקטרוניים).

<u>מורים ומחנכים</u>

התכנית תציע למורים שיפור משמעותי בתנאי עבודתם. מטרה זו תושג ע"י כך שתכנון המערכת וביצועיה יתרמו:

א. לקידום מעמדם החברתי ויוקרתם המקצועית של המורים.

ב. לשיפור התקשורת המקצועית בין מורים עמיתים.

ג. לרכישה קלה ופשוטה של המיומנות הנדרשת ליישום המערכות.

ד. לעידוד הפעילות היצירתית של המורים.

על הדעיכה ביוקרתו של מקצוע ההוראה אומר פיאג'ה, מגדולי התיאורטיקנים של החינוך בדור האחרון את הדברים הבאים:4

> מה שחסר המורה היא אותה יוקרה אינטלקטואלית שממנה נהנים בעלי מקצועות אחרים. הסיבה לכך נעוצה בשילוב נדיר ומטריד למדי של נסיבות. בעיקרו של דבר ניתן להסביר זאת בכך שהמורה בבית הספר איננו נחשב לא ע"י אחרים ומה שגרוע יותר גם לא ע"י עצמו למומחה מנקודת המבט הכפולה של טכניקות ויצירתיות מדעית, במקום זאת הוא נחשב ללא יותר מאשר מערכת ממסר להעברת מן ידע שהוא למעשה בהישג ידו של כל אחד מאתנו.

התכנית המוצעת תשקם את מעמדם החברתי והמקצועי הנשחק של המורים ע"י חיזוק תפקידם הפעיל בתהליכים החינוכיים. מערכות ההוראה בעזרת מחשבים תשחררנה את המורים מביצוע חלק ניכר של עבודתם השגרתית הכוללת למשל תפקידי שינון ותרגול, תיקון בחינות, מעקב ורישום השגי תלמידים, תפקידי אדמיניסטרציה וכו'. הן תבצענה משימות אלה ביעילות גדולה, תוך מתן הזון חוזר מהיר ושלט יותר על המתרחש בכתה מזה העומד לרשות המורה כיום. המערכות תצגנה את האינפורמציה הנדרשת בצורה הברורה והמפורשת ביותר. המורים יזכו בעקבות כך בזמן פנוי רב יותר שינוצל לקיום קשר קרוב יותר עם התלמידים ע"י מתן ייעוץ, הנחייה והדרכה שיסייעו להם להגביר את השגיהם.

תכלול מערכת תקשורת שתאפשר למורים גישה קלה למאגרי אינפורמציה ולפרסומים מקצועיים, שימוש בדאר אלקטרוני, בוליטינים בין-מוסדיים וכו', כך יוכלו מורים לקבל בקלות ייעוץ בנושאים פדגוגיים שונים (כולל שימוש וניצול המערכות החדשות עצמן).

התכנית תאפשר למורים לקחת תפקיד פעיל ביותר בכתיבת תכניות לימודים בעזרת כלים מתאימים (עמדות להכנת תכניות לימודים), ולהפיצן במהירות בין עמיתיהם.

<u>תלמידים</u>

חלק מסוים מן השחיקה באיכות ההוראה והלמידה ניתן לזקוף להצלחתם הגדולה של אמצעי הבידור "האלקטרוניים" בתחרות על זמנם הפנוי של התלמידים . עובדה זו נובעת מהתקדמות טכנולוגית מהירה מאד בטכניקות הבידור המתוחכמות, בהן מושקעים מאמצים רב-תחומיים ומשאבים אדירים.

התכנית המוצעת תהפוך את ה"כיתה" לסביבה מחשבית עשירה אשר תציע לילדים הלומדים לימוד שיהא גם **מועיל וגם מהנה** :

א. המערכת תהיה מכויילת עם מבנה הגירויים והיכולת המוטורית של המשתמשים בה. לדוגמה: ילדים קטנים פועלים היטב עם מקלות צבע, טלויזיה צבעונית, בובות ורכבות צעצוע ולאו דוקא עם אותיות קטנות או ספרים עבים. למרות זאת, מרבים המחשבים הקיימים, מציעים גרפיקה גסה מחד גיסא ואותיות קטנות ומעודנות מאידך גיסא.

ב. המערכת תהיה מופעלת ע"י שפה טבעית ותאפשר לילדים לקיים תקשורת וליצור תכניות בשפתם הם.

ג. המערכת תהיה בעלת זמן תגובה מהיר מאד (בלי "זמן מת" האופייני כל כך למערכות הנפוצות כיום). הנסיון מלמד שההמתנה לתגובת המחשב פוגעת מאד בכושר הריכוז של ילדים.

ד. למידה באמצעות המערכת תהיה אינטראקטיבית כך שהתלמידים יהיו פעילים בתהליך ולא צופים פסיביים. תהליך הלמידה יהיה דו-שיח בין התלמיד לבין "המורה" שהכין ועיבד את השיעור ולא בין התלמיד לבין המחשב כפי שהדבר מתרחש כיום.

ה. המערכת תקנה לתלמיד שליטה על קצב ותוכן השיעור ובכך תוביל לאינדוידואליזציה של תהליך הלמידה ולהתקדמות אישית המותאמת ליכולת. תלמידים מוכשרים יוכלו בדרך זו להגיע לרמת השגים גבוהה ביותר בלי להיות תלויים, כפי שהדבר קורה היום, ברמה הממוצעת של כיתה שלמה. תלמידים המתקשים יוכלו לקבל הדרכה משלימה המתאימה לרמתם ומכוונת להביאם להישגים מספיקים.

ו. המערכת תוביל לטיפוח הכשורים הקוגניטיביים בתלמידים, קרי, טיפוח היכולת לחשוב ולפתור בעיות ללא תלות ישירה בהקשרן.

ז. המערכת תאפשר את יצירתם של "עולמות חינוך זעירים" (ר' ספרו של פפרט "סערת-מח") בהם יוכלו תלמידים לשחק ולחקור בתוך מגוון רחב של אפשרויות תוך בנית יכולת ההעמקה וטיפוח האינטואיציה שלהם לגבי הנושא בו יעסקו.

ח. התכנית תעניק ללומדים מודעות והכרה מכלי ראשון של טכנולוגיות התקשוב. ע"י כך יתחזק בסיס הכשרתם לתפקידים ולמקצועות מגוונים יותר.

המשק הישראלי

ביצוע התכנית בהיקפה המלא ישתלב היטב במגמה המקובלת על כל גורמי המשק, להרחיב, לחזק ולבסס את תעשיותיה עתירות הידע והטכנולוגיה של ישראל, כמנוף עיקרי להשגת עצמאות כלכלית. תרומותיה הצפויות של התכנית למגמה זו יבואו לידי ביטוי בהשגים הבאים:

א. הרחבה משמעותית של תשתית המו"פ המקומי בכח אדם ובתחומי פעילות, כבסיס ליצירתן של תעשיות חדשות.

ב. סיפוק צרכיו של שוק מקומי גדול למדי המתפתח בהתמדה.

ג. סיכויי יצוא טובים מאוד של מערכות שלמות או תת מערכות עיקריות.

ד. "תגובת שרשרת" בטוחה בצורה של הרבה מוצרי לוואי (SPIN-OFFS) מתוחכמים שימצאו את דרכם לשוק המקומי ולשווקי חוץ.

הנסיון המוצלח של מדיניות התמיכה הממשלתית במחקר ופיתוח בעשור האחרון, מלמד על כדאיותה של הגישה המבקשת להעמיק את הישענותה של התעשיה המתקדמת בישראל על מו"פ מקומי. הרחבת תשתית המו"פ באמצעות התכנית לפיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים תגדיל ללא ספק את חלקם היחסי של המוצרים פרי מו"פ מקומי בסל המוצרים של התעשיה הישראלית. פירוש הדבר - חיזוק כושר התחרות של מוצרים אלה והגדלת הערך המוסף בעלות ייצורם.

השוק המיידי למוצרי התכנית הינו השוק המקומי. על גודלו של שוק זה ניתן לעמוד מהיקף תכניתו של משרד החינוך לצייד את כל בתי הספר בישראל במעבדות מחשבים. ההוצאה הצפויה להשלמת תכנית זו, שביצועה החל לפני כשנתיים, אמורה להגיע ל-300 מליון דולר בקירוב, עד לשנת 1988 (ראה נספח מס' 4). לדעת תת הועדה יש להתיחס לסכום זה כאל הערכה מינימלית היות שתכנית משרד החינוך מכוונת בעיקרה להענקת ידע בסיס לתלמידים בנושאי המחשב (COMPUTER-LITERACY) ולא להפיכת המחשב למרכזה של שיטת הוראה חדשה. לפיכך סבורה תת הועדה שאם תוצע למשרד החינוך מערכת אשר תהא מסוגלת לשפר באופן מהפכני את איכויות ההוראה בכל הנושאים ותוך הקטנה משמעותית של העלויות לטווח ארוך, אזי אין ספק שלמוצרי התכנית לפיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים צפוי שוק מקומי גדול מאוד בהיקפו. יתרה מזו, תת הועדה סבורה שהמגמה לשילוב טכנולוגיות מתקדמות בהוראה הינה תהליך בלתי נמנע שרק ילך ויגבר בשנים הקרובות. אם התעשיה הישראלית לא תהא מסוגלת להציע פתרונות מקומיים למגמה זו תאלץ מערכת החינוך בישראל לייבא אותם ממקורות חוץ על כל הקשיים הכרוכים בהסבתם ובהתאמתם לדרישותיה הייחודיות. לפיכך, חיוני מאוד, לדעת תת הועדה, שמערכת החינוך תשתלב מלכתחילה בפיתוח ויישום התכנית כשותף וכצרכן "גדול וחכם" באותה מתכונת של יחסי הגומלין הקיימים בין מערכת הבטחון ובין התעשיה הבטחונית בישראל.

מימדיו של השוק העולמי הקיים והצפוי למערכות הוראה ממוחשבות נבדקו בסקרי שוק רבים. מרבית הסקרים מצביעים על אומדנים ענקיים המגיעים לביליוני דולרים לשנה כבר בשנים הקרובות. מבין אלה בחרה תת הועדה כהערכות מייצגות את המסמכים של ארתור מלמד (ARTHUR MELMED), מנהל המטה למדע וטכנולוגיה בחינוך במחלקת החינוך של ממשלת ארה"ב ושל כתב העת T.H.E. - TECHNOLOGICAL HORIZONS IN EDUACATION (ראה נספח מס' 5). על פי מסמך מלמד תהיה בשנת 1990 ההוצאה הלאומית לשילובם של מחשבים בבתי הספר (היסודיים והעל יסודיים) בארה"ב כ-4.6 ביליון דולר לשנה ועל פי מחקר השוק של T.H.E. תגיע הוצאה זו בשנת 1988 ל-3.6 ביליון דולר. אין ספק שאם מדינת ישראל תבצע את התכנית המוצעת לפיתוח "מערכות הוראה נעזרות מחשבים" ללא דחיות מיותרות, תקנה לעצמה התעשייה הישראלית מיקדמה טכנולוגית משמעותית, אשר תאפשר לה לכבוש נתח רציני משוק זה ומשווקים דומים בארצות אחרות, הן לגבי מערכות שלמות והן לגבי תת-מערכות מסוימות שגם בהן תהיה גלומה המיקדמה הטכנולוגית.

10. פיתוח מערכות הוראה נעזרות מחשבים - תכנית לאומית של ישראל

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב מאמינה שבידי מדינת ישראל והעם היהודי מצויים כל הכלים והאמצעים הדרושים לפיתוח מקורי, חדשני וייחודי של "מערכות הוראה נעזרות מחשבים": תעשייה עתירת ידע מתקדמת ודינמית; מו"פ תעשייתי מתפתח; קהיליית מחקר אקדמי חזקה ובעלת מוניטין הן בתחומי המדע והטכנולוגיה והן בתחום תורות החינוך ומעל כל אלה - מקומו הראשון במעלה של הלימוד במסורת היהודית. שיתוף פעולה הדוק ומתואם בין כל הגורמים הללו בתמיכה מלאה של ממשלת ישראל תעניק לתעשיה הישראלית את ההזדמנות להפוך את הטכנולוגיות להוראה נעזרת מחשבים לתעשיה מובילה בקנה מידה לאומי ואפילו בקנה מידה עולמי.

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב מציעה, איפוא, לאמץ את משימת הפיתוח של "מערכות הוראה בעזרות מחשבים" כ**"תכנית לאומית"** של ישראל בתחום טכנולוגיות התקשוב.

בהמשך המסמך מציעה תת הועדה דרכים לביצועה של התכנית.

11. <u>יישום התכנית</u>

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב ממליצה:

א. הממשלה תקים "צוות תכנון" לתכנית. משימות הצוות תהיינה לתכנן, להעמיק, לפרט ולבסס את התכנית ולהציע הצעת תקציב מפורטת, דפוסי ארגון, נהלים ודרכי פעולה לביצועה.

ב. אחרי אישור מסמך "צוות התכנון" תכריז הממשלה על התכנית כ"תכנית לאומית" של מדינת ישראל בתחום טכנולוגיות התקשוב ותקים את "מנהלת התכנית" אשר תופקד על ביצוע התכנית, כפי שתפורט בשלב א' ע"י "צוות התכנון".

<u>צוות התכנון</u>

משימותיו של צוות התכנון תהיינה:

א. הערכת היתכנותה הכלכלית של התכנית והסיכונים הכרוכים בביצועה.

ב. פירוט וביסוס הצרכים של מערכת החינוך.

ג. זיהוי ברור של הטכנולוגיות ומוקדי הידע הדרושים לביצוע התכנית תוך איתור אלה הקיימים ואלה הטעונים פיתוח נוסף.

ד. פירוט תכניות המחקר הדרושות באוניברסיטאות ומכוני המחקר.

ה. פירוט תכניות הפיתוח הדרושות במערך המו"פ התעשייתי.

ו. זיהוי המשאבים הדרושים לביצוע התכנית במערכת החינוך, במערכת המחקר האקדמי ובתעשיה.

ז. שילוב תכניות המו"פ לתכנית-אב כוללת.

ח. הכנת נהלים, שיטות ומתווה ארגוני, שיכלול בתוכו כפיפויות, סמכויות ואחריות "מנהלת התכנית".

ט. זיהוי כל המקורות האפשריים לתקציבים הדרושים לביצוע התכנית.

י. הכנת הצעות להקלות ותמריצים לשם עידוד השתתפותם של גורמי התעשיה בתכנית.

יא.הכנת הצעת תקציב רב-שנתי (ארבע עד חמש שנים) לקראת הגשתו לאישור הממשלה.

תת הועדה ממליצה להפקיד את משימת התכנון של התכנית הלאומית בידיו של צוות שימנה כ-10 אנשים, מהם כ:6-7 מומחים בני סמכא בתחומים השונים הדרושים לביצוע התכנית: תורת ההוראה, הנדסת תכנה, הנדסת חמרה, תקשורת מחשבים, מאגרי מידע וניהול תכניות.

תת הועדה סבורה שיש לגייס לצוות ההקמה את האנשים הטובים ביותר אשר ייענו לאתגר מבלי לקבוע מסמרות מראש לגבי השתייכותם הארגונית (מומחים שיושאלו משרות המדינה, מן האקדמיה או מהתעשיה באמצעות חוזים מתאימים עם חברות האם). בנוסף לכך ממליצה תת הועדה לקבוע מראש שקבוצת התכנון תהווה את הגרעין שסביבו תוקם "מנהלת התכנית" (ראה להלן) אשר תופקד על ביצוע התכנית. באופן זה צפוי שהמתכננים יפעלו מתוך מוטיבציה גבוהה יותר ובנוסף לכך יהיה המעבר לשלב הפיתוח מהיר יותר וחלק יותר.

תת הועדה ממליצה שהאחריות להקמת הצוות לתכנון התכנית תהיה בידי שר המדע, או בידי שר החינוך, או בידי שניהם. לחילופין יכולה הממשלה להפקיד אחריות זו בידיה של ועדת השרים למדע וטכנולוגיה.
הפיקוח וההכוונה על עבודת צוות התכנון וההקמה יהיו באמצעות ועדת היגוי.
תת הועדה ממליצה שחברי ועדת היגוי זו יבחרו מבין חברי מליאת ועדת ההיגוי לתקשוב.

תת הועדה ממליצה להקצות 500,000 דולר לפעולת צוות התכנון (שלב א') שיכסו עלויות שכר (כ-50,000 דולר לשנה למומחה, וכ-30,000 דולר לשנה לכח עזר טכני או מנהלי) וכן הוצאות אחרות (דיור, תקשורת, נסיעות, ייעוץ, הוצאה לאור וכו').

פרק הזמן שיוקצה לביצוע שלב התכנון צריך להיות קצר ככל האפשר. לדעת תת הועדה יש להקצות לצוות התכנון פרק זמן של ששה חודשים להשלמת משימתו ובכל מקרה יש לקבוע ששלב זה לא ימשך יותר משנה אחת.

מנהלת התכנית

מנהלת התכנית תהיה אחראית בפני הממשלה לביצוע התכנית כפי שתאושר.
משימותיה של מנהלת התכנית תהיינה לתכנן, לפרט ולהנחות את תכניות הפיתוח וההקמה של המערכות להוראה בעזרת מחשבים. מנהלת התכנית היא שתקבע את תכנית העבודה המפורטת ותתקשר בחוזים לביצועה. מנהלת התכנית לא תעסוק בשום אופן בביצוע עצמי של התכנית או חלקים ממנה ולא תקים כלים או מסגרות המיועדים לכך.

צורות הארגון האפשריות למנהלת התכנית הינן:
ועדה ממשלתית בין משרדית, חברה ציבורית שמניותיה נסחרות בבורסה, רשות או חברה ממשלתית.
בגלל חשיבותה, מורכבותה והיקפה של התכנית, ממליצה תת הועדה לקבוע כבר עתה כי "מנהלת התכנית" תוקם במתכונת של רשות ממשלתית שלה סמכויות ואחריות חדים וברורים.

למנהלת התכנית תמנה הממשלה "מועצת מנהלים" שסמכויותיה תהיינה דומות לאלו של מועצות מנהלים בחברות ממשלתיות. מועצת המנהלים תורכב מנציגים בכירים ביותר של משרדי הממשלה הנוגעים (כמו: חינוך, מדע, תעשיה ומסחר, אוצר ותקשורת), נציג ארגוני המורים, נציגי המחקר האקדמי וההשכלה הגבוהה, נציגי התעשיה ונציגי ציבור.

מועצת המנהלים תמנה את ראש מנהלת התכנית. ראש מנהלת התכנית יהיה אחראי להקמתה של המנהלה ולהפעלתה באמצעות משנים לראש המנהלה שיהיו מופקדים על התחומים הספציפיים כמו פדגוגיה, הנדסת תכנה, הנדסת חמרה, מאגרי מידע, תקשורת, ניהול כלכלי, ניהול משפטי וכו'. המשנים לראש המנהלה ישאו גם באחריות לתאום כל התכניות והפעולות בין התחומים הנפרדים ובתוכם.
מן הראוי שלתפקיד ראש המנהלה יבחר אדם בעל נסיון מוכח בניהול פרוייקטים גדולים ובעל רקע מדעי וטכנולוגי ברמה גבוהה ככל האפשר. סמכויותיו צריכות להיות רחבות ככל האפשר בעיקר בכל הנוגע להתקשרויות חוזיות ושליטה על תקציבים.

התקציב הדרוש לפעולת מנהלת התכנית עצמה מוערך ע"י תת הועדה בכ-1.5 מליון דולר לשנה לתקופה של ארבע עד חמש שנים.

<u>מסגרת האילוצים</u>

על הדרג הממשלתי להחליט בהקדם על גודל התקציב שיוקצה לביצוע התכנית. זהו אילוץ שיחייב את מנהלת התכנית לבנות את תכניות העבודה בהתאם לגודל התקציב ולפריסתו על פני תקופת הביצוע. תת הועדה סבורה שההוצאה הלאומית שאפשר יהיה להקצות לביצוע התכנית תהיה כ-250 מליון דולר בפריסה על פני תקופה של ארבע עד חמש שנים.

תת הועדה ממליצה שהשתתפות הממשלה בתכנית תהיה בשעור של לפחות 25 מליון דולר לשנה במשך ארבע שנים לפי המפתח הבא:

א. המו"פ התעשייתי בישראל נתמך כיום ע"י לשכת המדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה בסכום שנתי של כ-50 מליון דולר (כאשר התעשיה משקיעה מצידה כ-50 מליון דולר נוספים במתכונת של 1:1). ע"פ הערכות מבוססות מסוגלת תשתית המו"פ להרחיב את פעילותה ב-30% בקירוב. פרוש הדבר שהמו"פ התעשייתי מסוגל לקלוט משימות נוספות במימון ממשלתי של 15 מליון דולר לשנה (ואם מאמצים באופן עקרוני את מתכונת התמיכה של לשכת המדען הראשי תהא התפוקה הנוספת של המו"פ התעשייתי כ-30 מליון דולר לשנה).

ב. תת הועדה צופה השתתפות של כ-50 חוקרים (על בסיס שנות אדם) מן המו"פ האקדמי בתכנית. אם מניחים שעלותה הכוללת של שנת אדם ברמה זו הינה כ-50,000 דולר אזי יידרשו לשם כך 2.5 מליון דולר לשנה.

ג. תת הועדה מאמינה שהתכנית תעורר ענין במידה כזו שתביא לעלייתם ולשיבתם ארצה של לפחות 100 מהנדסים ומדענים. עלותו השנתית הכוללת של כל אדם כזה תגיע לכדי 60,000 דולר לפחות או כ-6 מליון דולר לשנה.

ד. תקציב התפעול של מנהלת התכנית מוערך בכ-1.5 מליון דולר לשנה.

ה. על סכומים אלה יש להוסיף <u>לפחות</u> עוד כ-50% להקמת תשתית הפיתוח (ציוד מתקדם מסוגים שונים, שטחי עבודה, מבנים וכו').

לדעת תת הועדה יכולה הממשלה להשיג חלק ניכר מן המימון הדרוש ע"י שינויי ייעוד של חלק מתקציביה הנוכחיים כגון תקציב צה"ל לחינוך בלתי צבאי (המוערך בכ-80 מליון דולר לשנה), תקציב משרד החינוך למחשוב בתי הספר (ראה נספח מס' 4), תקציבי התמיכה בתעשיות חדשות של לשכת המדען הראשי במשרד התעשיה והמסחר ועוד.

על הדרג הממשלתי להחליט בהקדם ובהתחשב בתכנית המוצעת על מימדי המשך ביצוע התכנית של משרד החינוך למחשוב בתי הספר בישראל במשך השלב הטרום-מבצעי של התכנית לפיתוח מערכות הוראה בעזרות מחשבים.

להמשך ביצוע התכנית במתכונתה הנוכחית, קרי, התקנה מוקדמת של ציוד להדרכה בעזרת מחשב, יש מספר יתרונות:

א. בתי הספר יזכו בהכרות מהירה עם טכנולוגיות המחשוב.

ב. הלחץ על התכנית להפיק תוצאות מיידיות, יקטן. כך אפשר יהיה לווסת את מאמצי הפיתוח ולכוון את מימוש התכנית לזמן בו תהפוכנה המערכות הקיימות למיושנות ויהיה הכרח להחליפן.

ג. הנסיון שיצטבר משימוש בקנה מידה נרחב במחשבים בבתי הספר בישראל יסייע למתכננים להגיע לפתרונות טובים ומעשיים יותר.

כנגד יתרונות אלה עומדים שני חסרונות משמעותיים:

א. הוצאה כספית ענקית על תשתית ומערכות שיהיה הכרח להחליפם ממילא תוך שנים אחדות בגלל התישנותם הטכנולוגית.

ב. חשש רציני שהתכנית תיאלץ (בעיקר עקב לחצים כספיים) להתאים עצמה למערכות הקיימות ולהפוך ע"י כך למעין מהדורה מורחבת שלהן במקום להיות פתרון עצמאי, מקורי וחדשני.

לאור האמור לעיל ממליצה תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב **לרסן ולמתן ככל האפשר** את המשך ביצוע התכנית הנוכחית למחשוב בתי הספר בישראל. יחד עם זאת

ממליצה תת הועדה להתחיל מיד בהקמת רשת תקשורת לאומית למערכת החינוך שתכסה את כל בתי הספר יחד עם בנק מידע מרכזי אשר יספק באמצעות הרשת חומר בנושאים פדגוגיים (ובעיקר בנושאים הקשורים להוראה באמצעות מחשבים) ויכיל גם תכניות לימודים בנושאים נבחרים. הרשת תשמש גם להפצת מידע מקצועי ומינהלי (כתבי עת מתחום החינוך ובולטינים של רשויות החינוך למשל). לשם מימוש מקסימלי של תכונות הרשת יש לעודד התקנה בכל בית ספר של מחשב וציוד פלט מתאימים על פי הנחיותיה של מנהלת התכנית. כתנאי להצלחתו של שלב זה חייב משרד החינוך להיות שותף מלא הן בהחלטה לשינוי הגישה של מחשוב בתי הספר והן בהקמת הרשת ובנק המידע.

<u>מדיניות</u>

תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב ממליצה לאמץ את קוי המדיניות הבאים בביצוע התכנית לפיתוח מערכות להוראה בעזרת מחשבים:

א. התכנית תחתור לשילוב וניצול מקסימליים של משאבי המו"פ הישראליים. לשם מימוש מטרה זו יש להחליט מראש על שורה של הקלות ותמריצים שיעודדו בעיקר את גורמי התעשייה לרתום את מלוא יכולתם לתכנית (כמו הקלות במסוי, מתן מעמד מועדף וכו').

ב. המחקר הבסיסי (אשר רובו יבוצע במוסדות האקדמיים) יקבל תמיכה מלאה או כמעט מלאה. בשלב הפיתוח (אשר רובו יבוצע ע"י המו"פ התעשייתי) יש לדעת תת הועדה להבחין בין תחומים עם סיכון גבוה וכאלה עם סיכון נמוך. בראשונים יש לתמוך בשיעור של לפחות 60% ובאחרונים בשיעור שלא יעלה על 40%. בפיתוח רכיבים המיועדים להחליף רכיבים קיימים ואשר אין בפיתוחם סיכון ממשי, יש להציע תמיכה כספית מינימלית.

ג. התכנית תאפשר לתעשייה המקומית לעשות ניצול מקסימלי של השגים עקיפים (SPIN-OFFS) שיושגו במהלך ביצוע התכנית (כמו למשל עידוד התפתחותה של תעשיית התוכנה המקומית בכללותה). לשם כך יש להבטיח את הפצת תוצאות המחקר והפיתוח לכל הגורמים בתעשייה הישראלית העשויים להפיק מהן תועלת מיידית. בכל מקרה בו תהיה התמיכה במו"פ בשעור הגבוה מ-50% יש לקבוע שהגורם המבצע יהיה חייב להעביר את התוצאות תוך קבלת תמורה הוגנת. בנוסף יש לקבוע שתוצאות המחקר האקדמי או כל מחקר שימומן בשיעור של 100% יהיו נחלת הכלל.

ד. יש להעניק לתכנית כיסוי נרחב ביותר באמצעי התקשורת ולהציגה כאתגר ציוני חדש, כדי להגביר את העניין של הציבור ושל יזמים שונים בתכנית ובעיקר כדי להגיע אל מומחים ובעלי מקצועות חשובים מבין יהודי התפוצות שתרומתם לקידום התכנית, אם תתממש, עשויה להיות מכרעת.

נספח 1



שר התקשורת
שר המדע והפיתוח
ירושלים

אל :

הנדון : כתב מינוי - ועדת היגוי לתקשוב

1. בעקבות החלטת ועדת השרים למדע ולטכנולוגיה מיום 3.2.83 הננו מתמנים כחברים במליאת ועדת היגוי לפיתוח טכנולוגית התקשוב.

2. תפקיד הועדה להציע עקרונות למדיניות הממשלה בנושאי תקשוב. לשם כך מתבקשת הועדה :

- לבחון את המצב הקיים בישראל בתחום פיתוח, ייצור וישום טכנולוגיות וישומי התקשוב.

- לבחון את ההשלכות בישראל של הפיתוחים בתחום התקשוב על הממשלה, השלטון המקומי, התעשיה, המשק, התעסוקה, החברה והתרבות בהווה ובעתיד.

- להמליץ על נושאי מחקר ופיתוח בעלי חשיבות לאומית, לטווח הבינוני והארוך, ולהציע דרכים לקידומם, בין היתר במסגרת קרנות המחקר של המועצה הלאומית למו"פ. להצביע על היקף המימון המומלץ לכל נושא.

- להציע סולם עדיפויות למספר פרוייקטים מרכזיים שעל הממשלה לקדם ולפתח בתחומי התקשוב, תוך התחשבות ביוזמות ופעילויות לא ממשלתיות (כגון : תעשיה, מוסדות השכלה גבוהה, מוסדות בריאות, חברות הספקת שרותים). ולהתוות עקרונות בביצוע פרוייקטים אלה. להצביע על היקף המימון המומלץ לכל פרוייקט.

- להציע התארגנות ממשלתית קבועה לקידום ותיאום נושאי התיקשוב.

- לקדם את המודעות ומעורבות הצבור בנושאי התקשוב על ידי ייזום וסיוע לקיים ימי עיון וסמינריון לאנשי - מקצוע בשטחים שונים של התקשוב.

3. מליאת הועדה תקבע מספר חברים מתוכה אשר יכהנו בועדה מתמדת שתשמש גוף מבצע לבצוע החלטות מליאה. הועדה המתמדת תפעיל, תסייע ותנחה את תת-הועדות בפעילותן ותקיים את הקשר הנדרש עם המועצה הלאומית למו"פ ועם ועדת השרים למדע ולטכנולוגיה באמצעות שני השרים החתומים על כתב מנוי זה.

4. תת ועדות המליאה תטפלנה בנושאים מקצועיים מוגדרים; הצעה לרשימת תת הועדות מצורפת בנספח לכתב מינוי זה.
תת הועדות תורכבנה מ-5 עד 8 חברים כ"א כאשר בכל תת ועדה ישתתפו מספר חברי מליאת הועדה לפי התמחותם ועניינם.
לתת הועדות יצורפו אנשי מקצוע מומחים בשטחי אחריות תת הועדות אשר אינם חברי ועדת ההיגוי. תת הועדות תזמנה מומחים לסייע להן בעבודתן.
תת הועדות תמונינה על ידי ועדת ההיגוי, תתואמנה על ידי הועדה המתמדת ותדווחנה למליאה.

5. הועדה תסתייע בעבודתה על ידי מזכירות שתרכז את פעילות המליאה, הועדה המתמדת ותת הועדות.
מזכירות הועדה תפעל במסגרת המועצה הלאומית למו"פ אך תונחה בעבודתה על ידי מליאת הועדה.

6. מליאת הועדה תגיש המלצותיה להתארגנות הממשלתית הקבועה בנושא התקשוב תוך ששה חודשים מיום מינוי הועדה.
תת הועדות יגישו את ממצאיהן והמלצותיהן למליאה החל בתום ששת החודשים הראשונים ולא יאוחר מתוך שנה.

מליאת הועדה תדון, לפי הצורך, בדו"חות הביניים של תת הועדות.

מליאת הועדה תגיש את ממצאיה והמלצותיה לשר המדע והפיתוח ולשר - התקשורת באמצעות המועצה הלאומית למו"פ אשר תצרף הערותיה, בסידת הצורך.

7. הננו מודים לכם על הענותכם להרתם למשימה חשובה זו ומאחלים לכם הצלחה וסיפוק בעבודת הועדה.

שר המדע והפיתוח

שר התקשורת

ו ע ד ת ה י ג ו י ל ת ק ש ו ב

תת ועדה לטכנולוגיה

יו"ר: ב. פלד

תפקידי תת הועדה:

1. בחינת אפשרויות פיתוח התעשיות למוצרי תקשוב, חמרה ותכנה לצרכי השוק המקומי וליצוא.

2. בחינת השפעת חדירת שרותי ומערכות תקשוב למשק הישראלי על צרכי השוק הישראלי למוצרי תקשוב (חמרה ותכנה).

3. המלצה על מספר נושאים עיקריים כפרוייקטים לאומיים לפיתוח תעשית התקשוב הישראלית בפרוט סדרי עדיפות והנמקות.

4. המלצה על מדיניות ממשלתית בהקשר לפיתוח תעשיית התקשוב בנושאי השקעות, מיסוי, סיוע הממשלה לשיפור כושר התחרות של התעשיה הישראלית וכדומה.

נספח 2

הלחץ הגובר על מערכת החינוך בישראל

עם החדירה הגוברת והולכת של טכנולוגיות האינפורמציה לכל רמות הפעילות הכלכלית והחברתית בישראל מתרחב בהתמדה גם המעגל של מועסקים במקצועות בלתי הנדסיים ובלתי מדעיים הנדרשים לגלות הבנה ומיומנויות גדולים יותר בטכנולוגיות האינפורמציה כדי שיוכלו למלא את תפקידיהם בהצלחה. הקניית כישורים אלה מופקדת במדינת ישראל בידי מערכת החינוך אולם, למרות השיפור היחסי המתמיד ברמת החינוך בישראל, הולך וגדל הפער בין מה שיוצאי מערכת החינוך צריכים לדעת ובין מה שהם יודעים למעשה. יתרה מזו, קיימים סימנים מצטברים שמערכת החינוך בישראל לא תוכל להתמודד היטב עם דרישות אלה ואחרות שעידן טכנולוגיות האינפורמציה מעמיד בפני המדינה. בין סימנים אלה ניתן למנות:

א. ועדת דבורצקי[5] מוצאת שמספר בוגרי בתי הספר התיכוניים המסיימים לימודיהם במגמות המתמטיות והמדעיות נמצא בירידה מתמדת. כל הראיות מצביעות, לדעת הועדה, שלא צפוי שינוי במגמה זו בעתיד הנראה לעין.

ב. עמוס חורב[6] נשיא הטכניון לשעבר, מתאר (בהרצאה שנשא בקיץ 1983 בפני סגל הטכניון ותעשיינים בכירים) תמונת מצב עגומה על רמתם וכישוריהם של בוגרי בתי הספר התיכוניים בישראל כפי שהיא באה לידי בטוי אצל המבקשים ללמוד בטכניון. לדבריו, פחות מ-25% מן המועמדים עוברים בהצלחה את בחינות הכניסה בפיסיקה. רבים מן המועמדים מציגים אמנם ציונים גבוהים מאוד בתעודת הבגרות אולם מתקשים מאוד בביצוע פעולות אינדוקציה פשוטות. כתוצאה מכך מגיעים פחות ופחות סטודנטים ללימודי המדעים המדוייקים (למעט מדעי המחשב).

ג. דו"ח ברודט[7] (ראה טבלה 2) ודו"ח כץ[8] (ראה טבלה 3) (ובעקבותיהם גם דו"ח תת הועדות לתקשוב בחינוך ולתעסוקה וחברה של ועדת ההיגוי לתקשוב) מצביעים על מחסור צפוי גדול מאוד בכח אדם מדעי והנדסי במשק הישראלי, והם קוראים להערכות מחודשת של מערכת החינוך לפתרון הבעיה. בענין זה קיימת הסכמה רחבה שמחסור זה עלול לעכב את צמיחתן של התעשיות המבוססות על טכנולוגיות מתקדמות (בהן רואים רבים את המנוף העיקרי לשיקומה של כלכלת ישראל).

ד. עם השנים הולך ומחריף המחסור במורים למתמטיקה ולמדעים הפיזיקליים בבתי הספר התיכוניים בישראל. ע"פ דו"ח דבורצקי, בין השנים 1975-1981, ירד שיעור המורים במקצועות אלה מ-7.6% (מתוך כלל אוכלוסיית המורים) ל-4.5%. אחד ההסברים לתופעה זו הינה השחיקה המתמדת (במונחים ריאליים) בשכרם של המורים במשך העשור האחרון והתחרות בתנאי התעסוקה האלטרנטיביים המפתים שמציע המשק למורים. מסיבה זו נוטשים מורים רבים את ההוראה ועוברים תמורת שכר גבוה יותר, לעיסוקים אחרים (ראה גם דוחו"ת בר[9] וסמט[10]).

ה. לאורך כל העשור האחרון היתה עליה מתמדת בשיעור ההוצאה הלאומית לחינוך. בשנים 69/70 היתה ההוצאה בשיעור של 7.3% מן התוצר הלאומי הגולמי והיא הגיעה לשיאה בשנים 78/79 - 8.7% מן התל"ג. מאז ירדה במעט ההוצאה הלאומית לחינוך והיא עומדת בשנים האחרונות בשיעור של 8.2-8.4% מן התל"ג. (הנתון האחרון של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מתייחס לשנת 82/83 - 8.4% מן התל"ג) (ראה טבלה 4).

ו. ע"פ דו"ח בר[11] פוגעים הקיצוצים של השנים האחרונות יותר במשימות ההוראה. בהוצאות האחרות שאינן מתייחסות ישירות להוראה (NON-INSTRUCTIONAL) לא ניכרת כמעט ירידה.

תחזית ביקוש והיצע למהנדסים, הנדסאים וטכנאים 1992-1983

(מתוך דו"ח ברודט)

א. תחזית מהנדסים

סך תוספת ביקוש (נטו)	17,500
בתעשיה[1]	9,500
בענפי משק אחרים	8,000
סך תוספת היצע (נטו)[2]	12,100
מחסור	5,400

ב. תחזית להנדסאים וטכנאים

סך תוספת ביקוש (נטו)	29,000
בתעשיה[1]	16,000
בענפי משק אחרים	13,000
סך תוספת היצע (נטו)	21,000
מחסור	8,000

[1] בהנחה של צמיחת תעשיות "מתוחכמות" של 18 אחוזים בממוצע.

[2] בהנחה של עליה לישראל של כ-700 מהנדסים לשנה (התואמים את הדרישות המקצועיות הנהוגות בישראל).

טבלה מס' 2

ביקוש והיצע לכח-אדם הנדסי לשנים 1987 ו-1992

(מתוך דו"ח כץ)

	1982 (אלפים)	1987 (אלפים)	1992 (אלפים)	התוספת נטו - אלפים			שיעור גידול שנתי ממוצע (אחוזים)		
				1982/87	1987/92	1982/92	1982/87	1987/92	1982/92
סה"כ המועסקים*	.1298	1460	1638	162.0	178.1	340.0	2.4	2.3	2.3
ביקוש לכח-אדם הנדסי									
מהנדסים	28	36	45.5	8.0	9.5	17.5	5.2	4.8	5.0
הנדסאים וטכנאים	34.3	45.4	57.6	11.1	12.2	23.3	5.8	4.8	5.3
היצע כח-אדם הנדסי									
מהנדסים	28	32.3	36.7	4.3	4.4	8.7	2.9	2.6	2.8
הנדסאים וטכנאים	34.3	44.8	56.8	10.5	12.0	22.5	5.5	4.8	5.2
ההפרש בין ביקוש והיצע הצפויים									
מהנדסים	-	3.7	8.8	3.7	5.1	8.8			
הנדסאים וטכנאים	-	0.6	0.8	0.6	0.2	0.8			

* האומדנים ל-1992 מבוססים על חישובים כלליים בלבד בניגוד לאומדנים ל-1987 שנערכו על סמך חישובים מפורטים.

טבלה מס' 3

לוח כ"ב/4.–הוצאה לאומית לחינוך, לפי סוג הוצאה ושירותים עיקריים

TABLE XXII/4.—NATIONAL EXPENDITURE ON EDUCATION, BY TYPE OF EXPENDITURE AND MAIN SERVICES

IS million: budget years
מיליוני ש': שנות תקציב

הוצאה לאומית לחינוך כ-% מהתל"ג National expenditure on education as % of GNP	השקעה בנכסים קבועים Fixed capital formation	Thereof: מזה: מוסדות חינוך על-תיכוניים ומוסדות החינוך הגבוה Post-secondary schools and higher education institutions	בתי ספר תיכוניים עיוניים, מקצועיים, ימיים וחקלאיים Secondary, vocational, nautical and agricultural schools	מוסדות של החינוך היסודי Primary schools	גני ילדים Kindergartens	הוצאה שוטפת—סך הכל Current expenditure—total	סך כולל Grand total	
	At current prices					במחירים שוטפים		
6.0	7	4	8	12	2	31	38	1962/63
6.2	11	5	10	13	2	36	47	1963/64
6.7	13	6	12	16	3	44	57	1964/65
7.6	17	10	16	22	4	61	78	1965/66
7.9	17	13	19	27	5	72	89	1966/67
7.7	14	14	21	26	6	76	90	1967/68
7.2	17	17	24	28	6	86	103	1968/69
7.3	26	21	26	31	6	96	122	1969/70
7.4	27	28	31	37	7	116	143	1970/71
7.7	38	37	41	50	10	153	191	1971/72
7.5	48	46	52	56	12	186	234	1972/73
§8.1	67	62	72	80	17	257	324	1973/74
7.8	102	89	97	115	27	367	469	[1]1974/75
8.2	111	96	91	114	30	382	493	1974/75
7.9	127	123	127	153	42	516	643	1975/76
8.1	142	170	187	222	62	736	878	1976/77
8.5	187	280	302	353	100	1,187	1,374	1977/78
§8.7	302	476	513	617	188	2,054	2,356	1978/79
8.5	543	925	1,037	1,172	354	3,970	4,513	§1979/80
8.2	984	2,234	2,468	2,856	870	9,523	10,507	§1980/81
8.3	2,285	5,134	5,970	6,296	2,023	21,871	24,156	1981/82
8.4	5,000	..	..	..	..	51,700	56,700	*1982/83
	At 1970/71 prices					במחירי 1970/71		
	34	31	34	40	8	127	161	1971/72
	38	32	38	41	9	135	173	1972/73
	39	35	42	43	10	146	185	1973/74
	41	36	43	44	11	153	194	1974/75
	44	38	40	44	11	158	202	[1]1974/75
	41	40	41	48	12	165	206	1975/76
	At 1975/76 prices					במחירי 1975/76		
	106	121	136	155	43	527	633	1976/77
	97	124	144	160	46	552	649	1977/78
	95	129	154	165	50	582	677	1978/79
	86	132	161	170	51	600	686	1979/80
	67	132	162	179	52	610	677	*1980/81
	At 1980/81 prices					במחירי 1980/81		
	1,033	2,292	2,509	2,898	868	9,699	10,732	1981/82
	1,000	..	..	..	..	9,850	10,850	*1982/83

1 New series: see introduction.

1 סידרה חדשה: ראה מבוא.

טבלה מס' 4

נספח 3

האילוצים הכספיים הפועלים על מערכת החינוך בישראל

במהלך שנות השבעים המוקדמות חל גידול הן בהוצאות הקבועות והן בהוצאות השוטפות של מערכת החינוך בשיעור שנתי ממוצע של 7% ו-9% בהתאמה. מאמצע שנות השבעים החלה להסתמן ירידה בשיעור ההוצאות הקבועות שגרמה במקביל לירידה באיכות הפעילויות הבלתי הוראתיות (NON-INSTRUCTIONAL) של מערכת החינוך. העליה בשיעור ההוצאות השוטפות נשמרה. מתחילת שנות השמונים הופעלו על מערכת החינוך קיצוצים שהשפיעו גם על רמת ההוצאות השוטפות וגרמו לפגיעה בפעילויות ההוראתיות הישירות, קרי באיכות ההוראה עצמה.

על מנת להעריך את שיעורו של הפער המתמשך והצפוי בתקציב החינוך בין הרצוי למצוי יש להניח מספר הנחות:

א. איכות הפעילות ההוראתית של מערכת החינוך תישמר ברמתה משנת 1975 (אם הנחה זו היתה מתקיימת, היה בכך שיפור משמעותי של איכות ההוראה ביחס לאיכותה הנוכחית).

ב. ההוצאות הקבועות ממשיכות לגדול בשיעור שנתי ממוצע של 7% כפי שהיו עד שנת 1975.

ג. השכר הריאלי של המורים ישמר ברמתו משנת 1975 (אם הנחה זו היתה מתקיימת היה שיעור הגידול השנתי בשכר המורים צריך להיות גבוה משיעור הגידול השנתי בתל"ג ובעקבותיו עלית אחוז הוצאות החינוך ביחס לתל"ג).

ד. מספר התלמידים במערכת החינוך גדל בשיעור דומה לשיעור הגידול הכללי של האוכלוסייה העומד על ממוצע שנתי של 2.5%. כתוצאה מכך נדרש גידול דומה גם במספר המורים (זאת ללא שנוי ביחס מורים לתלמידים, שגם הוא יצטרך לגדול בטווח ארוך).

ה. כמעט כל ההוצאות השוטפות של מערכת החינוך מיועדות לתשלום שכרם של המורים.

ההנחות שלעיל מובילות למסקנה המיידית ששמירה על רמתה של מערכת החינוך כפי שהיתה בשנת 1975 היה מותנה בגידול שנתי בשיעור של 2.5% בחלק ההוצאות השוטפות של מערכת החינוך. אם עושים אינטרפולציה של הפער בתקציב החינוך לכל שנה משנת 1975 עד 1981, על בסיס ההנחות שלעיל, מוצאים שבשנת 1981, למשל, היו חסרים 300 מליון דולר מעבר לתקציב האמיתי שהיה באותה שנה 1433 מליון דולר (ראה טבלה וציור 5).

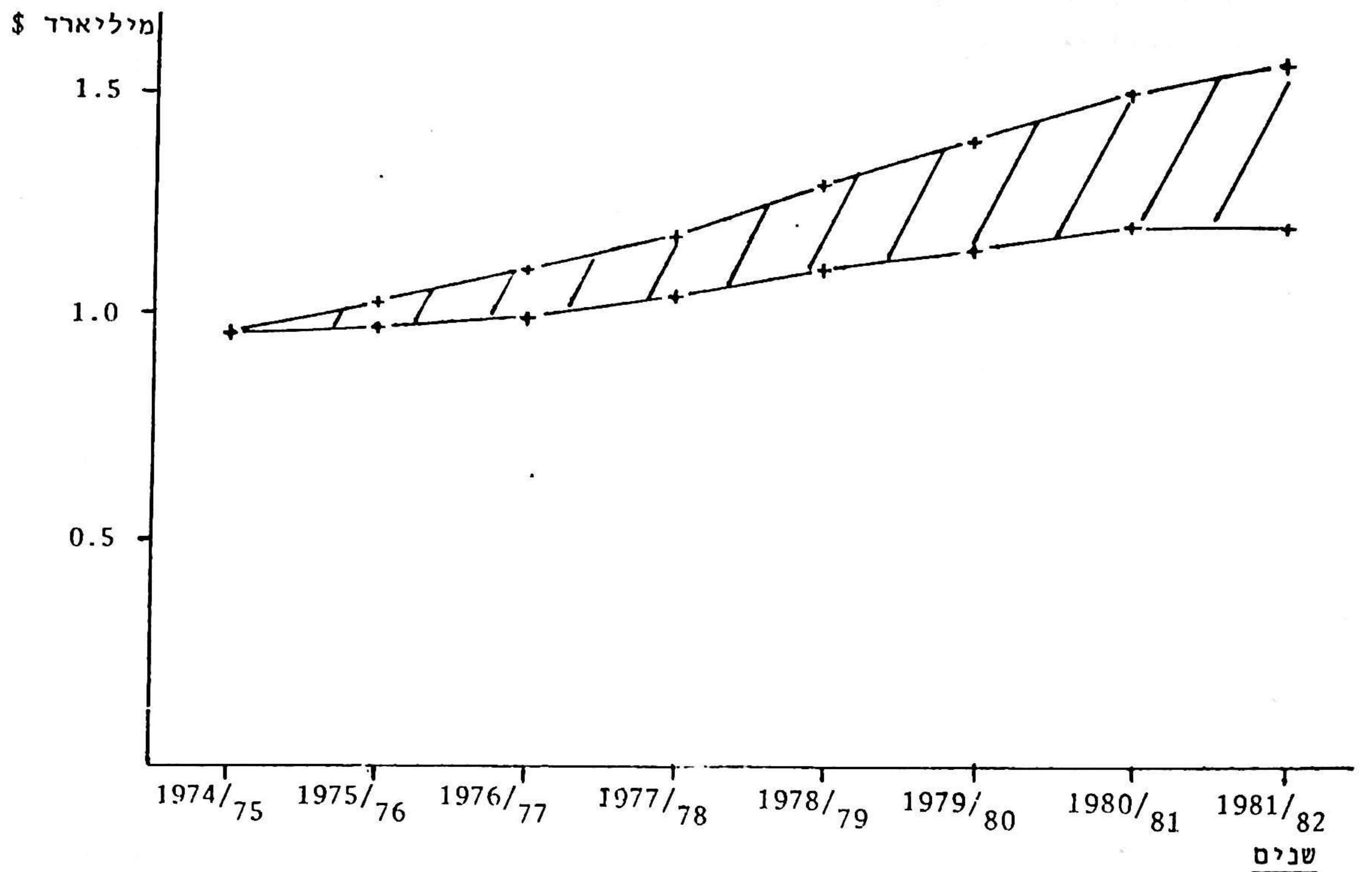
אקסטרפולציה המבוססת על שעורי גידול שונים של התל"ג מלמדת כיצד יראה הפער בתקציב החינוך אם תמשיך הממשלה לקיים את מערכת החינוך ברמת הוצאה כפי שהיתה בשנים 1980/81:

א. במקרה החמור ביותר, אם לא יהיה גידול בתל"ג, תהיה ההוצאה לחינוך בשנת 2000 בשיעור של 25% מן התל"ג, פי שלוש ויותר מן ההוצאה הנוכחית.

ב. אם יהיה גידול בשיעור אופטימי של 10% בתל"ג, תהיה ההוצאה הלאומית לחינוך בשנת 2000, גם היא בשיעור בלתי נסבל של 15.4% מן התל"ג. בשיעורי צמיחה ריאליים יותר תגיע ההוצאה לכ-20% מן התל"ג (ראה ציור 6).

די בקירובים ובהנחות שלעיל כדי להראות שהגידול המהיר בהוצאה הלאומית לחינוך במונחים כספיים ריאליים מגיע כבר עתה לגבול יכולתה של מדינת לשאת בהוצאה זו. אין מנוס לפיכך, ממהפיכה משמעותית בשיטות, בתפישות ובאמצעים העומדים לרשות מערכת החינוך. אם לא תתרחש מהפיכה כזו, צפויה ירידה רצינית ביותר באיכות שירותי החינוך שמערכת החינוך אמורה להעניק לחברה הישראלית.

אומדן הפער בהוצאה הלאומית לחינוך בין השנים 1981-1975

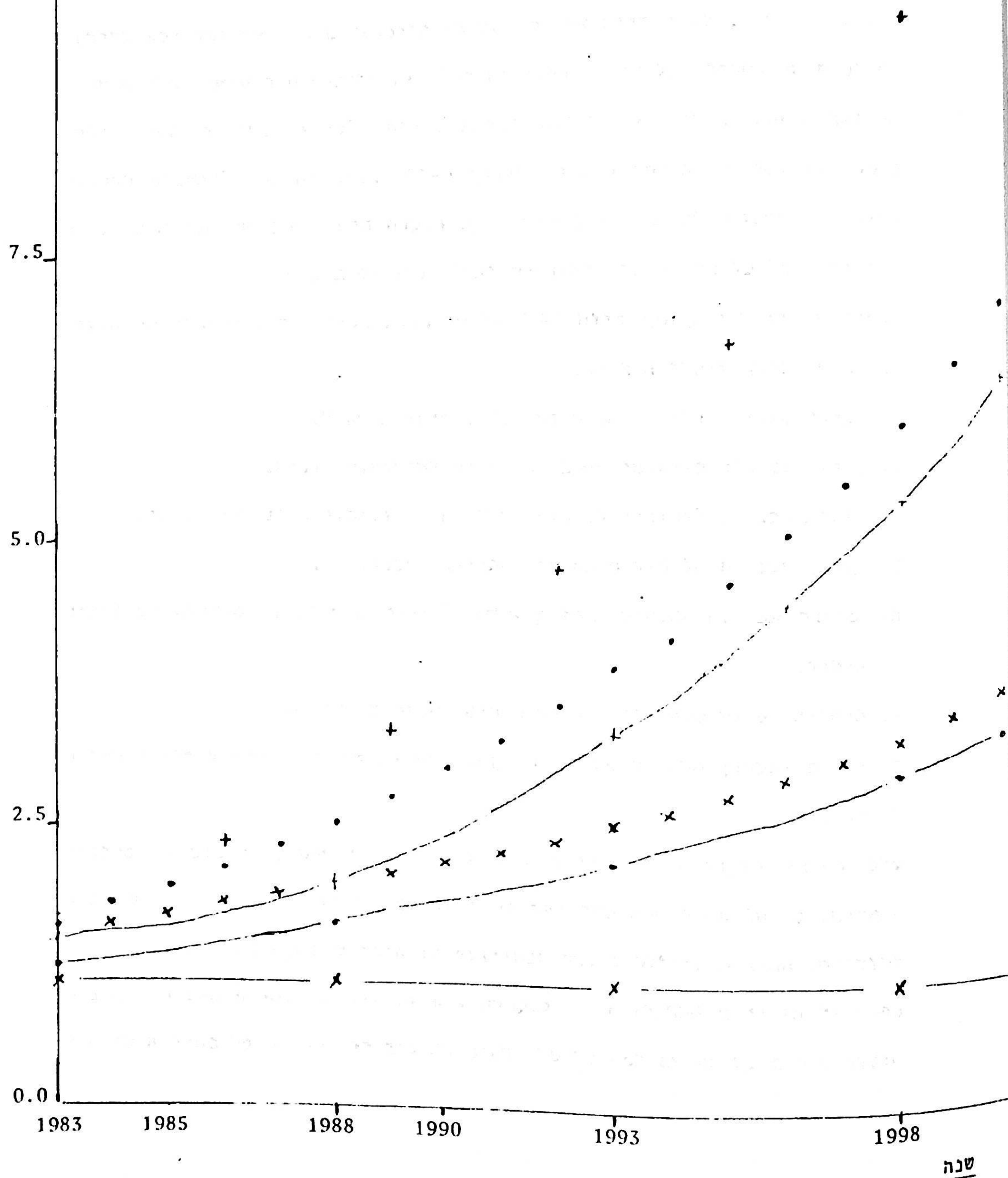


שנה	סך תל"ג (במליוני $)	אומדן תקציב החינוך* (במליוני $)	% מתל"ג	תקציב החינוך בפועל (במליוני $)	% מתל"ג
1974/75	11540			946	8.2
1975/76	11768	1020	8.7	956	7.9
1976/77	12027	1081	9.0	986	8.2
1977/78	12436	1156	9.3	1019	8.5
1978/79	12983	1246	9.6	1064	8.8
1979/80	13334	1326	10.0	1093	8.5
1980/81	13950	1431	10.3	1143	8.2
1981/82	13929	1491	10.7	1142	8.2

* ההוצאה שהיתה מתקיימת אילו התקיימו ההנחות הנ"ל.

טבלה וציור מסי 5

פערי מימון צפויים בתקציב החינוך עבור שעורי גידול שונים בתל"ג



ציור מס' 6

נספח 4

רמת המחשוב הנוכחית במערכת החינוך

בעקבות הופעתם, לפני שנים אחדות, של המיקרומחשבים הזולים ועל רקע חדירתו המסיבית של המחשב לכל תחומי הפעילות הכלכלית והחברתית בישראל, החליט משרד החינוך והתרבות להעניק עדיפות גבוהה במיוחד לנושא המחשבים בבתי הספר. בהמשך להחלטה זו הוקמה במשרד החינוך ב-25.10.81 "הועדה למחשבים במערכת החינוך" בראשות ד"ר בן ציון ברטה. על הועדה הוטל לשלב את הנושא בתכניות הלימודים של כל בתי הספר היסודיים והעל יסודיים בישראל.

במסמך של יו"ר הועדה[12] מיום 17.7.83 מפורטות פעולותיה ויזמותיה של הועדה למחשבים. להלן עיקרי הדברים:

א. הכשרת מורים להוראת "הכרת המחשב" ו"מדעי המחשב".

ב. הוראה למורים ביישומי מחשב ספציפיים למקצועות שונים.

ג. פיתוח תכניות לימודים למגמות מדעי המחשב ועיבוד נתונים אוטומטי.

ד. עדכון תכניות הלימודים במגמות החינוך הטכנולוגי.

ה. פיתוח תכניות להוראה בסיוע מחשב לקידום ההשגים הלימודיים במקצועות היסוד.

ו. הנחיה וסיוע כספי לבתי הספר ברכישת מחשבים ותוכנה.

ז. ייזום ותכנון מחקרים אקדמיים לקראת הפיכתם של בתי הספר ל"סביבה עשירת מחשבים".

ע"פ נתוני הועדה כבר צויידו (עד למועד הכנת המסמך המצוטט) במעבדות מחשבים, כ-200 מתוך 800 בתי ספר על יסודיים וכ-200 מתוך כ-2000 בתי ספר יסודיים. ההוצאה הכוללת לצורך הצטיידות זו היתה לפחות 16 מליון דולר (לפי מפתח של מינימום 40,000 דולר למעבדה אחת הכוללת 20 עמדות תלמיד). תכנית הועדה מדברת על השלמת המשימה של מחשוב החינוך בכל בתי הספר במדינה עד שנת

1988 בתקציב של 267 מליון דולר (במחירי 1983). הוצאה כזו תצריך כמובן (ע"פ מסמך הועדה הנ"ל) הגדלה של תקציב החינוך בשעור של 5% לשנה (בהנחה שהיא לא תמומן באמצעות קיצוצים של פעולות אחרות במערכת החינוך).

על רקע המגמה הנמשכת של הכפלת עוצמת המחשבים מדי שנתיים תמורת אותו מחיר, מעריכה תת הועדה לטכנולוגיות התקשוב שאחרי חמש שנות שימוש תהפוך כל מערכת המותקנת כיום למיושנת ובלתי אפקטיבית. באופן כזה, מיד עם השלמת מחשוב מערכת החינוך ע"פ תכנית ועדת ברטה יהיה צורך להתחיל בהחלפת המערכות ע"פ סדר התקנתן ובאותו קצב לפחות.

נתון מעניין נוסף המופיע בתכנית "הועדה למחשבים במערכת החינוך" מתייחס לעלות התפעול והאחזקה של המערכות. הסכום המופיע בתכנית הועדה (ואשר אינו מתייחס לכ-400 בתי הספר אשר צוידו כבר במעבדות מחשבים) הינו 129 מליון דולר לארבע שנות התכנית (במחירי 1983). אם מוסיפים גם את בתי הספר המצויידים תגיע העלות לתפעול ואחזקה של המערכות לכ-150 מליון דולר (כ-37.5 מליון דולר לשנה).

משרד החינוך והתרבות

המזכירות הפדגוגית

הועדה למחשבים במערכת החינוך

ז' באב תשמ"ג

(17.7.1983)

אל: הנהלת המזכירות הפדגוגית
חברי הועדה למחשבים במערכת החינוך.

מאת: ד"ר בן ציון ברטה, מרכז הועדה למחשבים במערכת החינוך.

הנדון: סיכום פעולות - קידום המחשבים במערכת החינוך

להלן פירוט יוזמות ופעולות במסגרת התוכנית לניצול המשאבים שהועמדו לרשות הועדה למחשבים במערכת החינך לצורך קידום הנושא:

1. הכשרת עובדי הוראה והשתלמותם

1.1 הכרת המחשב ויישומו בהוראה

א. הוחלט להנהיג הוראת הנושא כמקצוע חובה של 2 ש"ש משך שנה אחת בכל בתי המדרש למורים. שעות ההוראה ומימון ההוצאות השוטפות יכללו בתקן ותקציב כל מוסד. הקצבה מיוחדת להצטיידות, בשעור 75% מעלות הציוד (על פי קריטריונים שנקבעו) ניתנת על ידי משה"ח (50% מתקציבי הועדה למחשבים, 25% מתקציב המחלקה להכשרת עובדי הוראה).

תוכנית הלימודים בראשי פרקים גובשה על ידי צוות מתאים. כל המורים שילמדו את המקצוע החדש בבתי המדרש ישתתפו בהשתלמות דידקטית, לגיבוש דרכי ההוראה. משך תשמ"ד יוכנו חומרי למידה ותבדקנה האפשרות והדרישה לקיום קורס מיוחד להכשרת מורים לבתי המדרש.

בשנה"ל תשמ"ד, יתקיימו לימודים אלה בכשליש מבתי המדרש (ביניהם רוב בתי המדרש הגדולים). יש להניח שבתשמ"ה ינתן המקצוע בכל המוסדות.

מתקיימים בירורים לקיום פעולה דומה בבתי הספר לחינוך של המוסדות האקדמיים.

ב. במסגרת ההשתלמויות המוצעות למורים, ניתנים קורסים דומים בהרכבם ובהיקפם- למורים בבתי ספר יסודיים ועל יסודיים, למנהלי בתי הספר ולמפקחים.

קורסים בהיקף רחב יותר (90 - 120) ניתנים להכשרה "רכזי מיחשוב" לבתי ספר, במיוחד לבתי הספר היסודיים.

פעילויות אלה מאורגנות כפעולות מחוזיות או מוסדיות, על ידי פעולה מתואמת של מנהלי המחוזות והמחלקה להשתלמות עובדי הוראה, בתמיכה מקצועית וכספית מטעם הועדה למחשבים.

1.2 **הכשרת מורים להוראת "הכרת המחשב" ו- "מדעי המחשב"**

א. תוכנית הלימודים להכשרה בנ"ל עודכנה ובנויה מרצף של שני שלבים - הראשון להכשרה להוראת "הכרת המחשב" (בחטיבת הביניים, בעיקר), השני השלמה להכשרה להוראת "מדעי המחשב" (בחטיבה העליונה).

קורסים מתאימים יופעלו בתשמ"ד בירושלים, באר-שבע, תל-אביב וחיפה. ילמדו בהם כ-150 מורים מבתי ספר שונים, במטרה להוסיף את מקצוע המחשב למקצוע ההוראה שלהם.

לימודים דומים יתקיימו מאחדים מבין בתי הספר לחינוך (אוניברסטואות ת"א, בר-אילן, חיפה, הטכניון, אורנים), במסגרת הלימודים לתואר ראשון, להכשרה להוראת מדעי המחשב ומתמטיקה או מדעים.

1.3 **הכשרה להוראת יישומים מחשב ספציפיים למקצועות שונים**

הפעילות מרוכזת בשלב זה בחינוך הטכנולוגי, משולבת לפיתוח תוכניות לימודים מתאימות בתחומים הבאים:

תיכנון וייצור בסיוע מחשב במקצועות מכניקה, חשמל ואלקטרוניקה, בניה
הנהלת חשבונות ממחושבת
המשרד הממוחשב
רובוטיקה.

2. פיתוח תוכניות לימודים, תוכנה ולומדה

2.1 **הוראת "הכרת המחשב"**

א. הוחלט לפתח תוכניות לימודים ולהנהיג לימודי הכרת המחשב, לכל אוכלוסית התלמידים החל מבית הספר היסודי.

בכיתות א'-ו', הכרת המחשב תתבסס על פעולות משתלבות למקצועות ההוראה והפעילויות החינוכיות/לימודיות שבבית הספר ותכלול בעיקר התנסות, התרשמות, ללא הוראה ממוסדת של נושאים מתחום מדעי המחשב וללא הגדרת מקצוע למוד ספציפי. צפוי שפיתוח התוכנית יתחיל בתשמ"ד באוניברסיטת תל-אביב, בהתבסס על פעילות קודמת שלהם.

לכיתות ז'-ח' יוכן מקצוע הוראה בהיקף של 2 ש"ש בכל שנה, מהן 1 ש"ש התנסות מעשית בהפעלת/תוכנות מחשב או מערבות ממוחשבות. תוכניות הלימודים נמצאות בהכנה על ידי צוותי פיתוח קשורים לבתי ספר בהם יופעלו הלימודים, כניסוי, בתשמ"ד: אוניברסיטת ירושלים, אוניברסיטת בן-גוריון, סמינר אורנים, המרכז לטכנולוגיה חינוכית. הניסוי בתשמ"ד יקיף את כל כיתות ז' ב-15 בתי ספר מסוגים שונים ובאיזורים שונים, סה"כ כ-70 כתות.

לקראת תשמ"ה, הכוונה היא להרחיב את הלימודים לכיתות ח' (כהמשך ללימודים בכתה ז') וכמו כן להרחיב את חוג בתי הספר בהם נלמד המקצוע, במגמה להקיף את כל בתי ספר תוך שנים ספורות. הדבר יחייב, בהמשך, עידכון תוכניות הלימודים בכיתות ט' ומעלה, להבטחת רצף פעילות ולימודים.

ב. לחוגים ולפעולות חינוך לא פורמלי בתחום המחשבים: צוות באוניברסיטת בן-גוריון יכין בעצמו, יאסף משל אחרים ויארגן הוצאה לאור והפצת מידע לגבי מסגרות פעילות, דרכי עבודה וחומרי עזר לפעולות אלה.

נבדקת האפשרות לתמיכה כספית להבטחת ציוד מחשבים הדרוש עבור חוגים למחשבים הפועלים במסגרת נוער שוחר מדע.

לגבי חוגים המופעלים על ידי גורמים מסחריים - נמצאות בהכנה הנחיות לבתי הספר, הנחיות כלליות ומקצועיות על פיהן יש להפעיל את החוגים.

ג. מחשבים לגיל הרך - בשני "מרכזים לפעילות הילד", ליד אורנים ובר-אילן תבדקנה הדרכים והאפשרויות לשילוב מחשב (בצורה מתאימה) לפעילויות הילדים בגיל הגן.

2.2 <u>הוראת "מדעי המחשב"</u>

א. "יסודות תורת המחשב" - מקצוע בחירה במסגרת בחינות הבגרות, בעיקף 1 - 4 י"ל - תוכניות הלימודים עודכנו ומהדורה חדשה של תוכנית בחינות הבגרות תצא לאור לקראת תשמ"ד. בחינות הבגרות נתקיימו בצורה מסודרת, ללא בעיות מיוחדות.

ב. "מבוא למחשבים" - מקצוע חובה בחינוך הטכנולוגי במגמות הטכניות ובמגמות המינהל, מסלול מקצועי תיכון ורגיל - יצא לאור תוכנית לימודים מעודכנת; הונהגה חובת בחינה - אם על פי שאלון מיוחד או תוך הרחבת שאלון בחינה קיים; בשלבי הכנה: תרגול ופרקי ליווי ספציפיים למגמות ההתמחות בחינוך הטכנולוגי.

ג. <u>המגמה לעיבוד נתונים אוטומטי</u> (ענ"א)

18 בתי ספר טכנולוגיים מקיימים מגמות לענ"א - גידול מבוקר, מתוך כוונה למנוע התרחבות יתר בחטיבה עליונה, בעיקר בשל הספקות לגבי המשך העיסוק במקצוע של בוגרי המגמה.

נסתיימה הכנת תוכנית לימודים מפורטת והוצאתה לאור (היקפה: 17 ש"ש משך שלוש שנים).

הוכנה תוכנית לימודים חדשה עבור מגמה ל-"ענ"א - מערכות", בה יהיו לימודי מערכות מבוקרות מחשב ושל מקצועות היסוד שדרושים להבנת מערכות אלה; לימודים על פי תוכנית זאת הופעלה ניסיונית בתשמ"ג.

בתשמ"ד תופעל כתה להכשרת טכנאי ענ"א, ברמה על-תיכונית, כתה י"ג - מלווה בהכנת תוכניות לימודים מתאימות.

הכנת תוכניות הלימודים מרוכזת בידי המרכז למערכות ניהולי וענ"א ליד המכון לפיריון בעבודה. נושאי חומרה ומערכות - בשיתוף עם המרכז הפדגוגי של אורט.

2.3 <u>עידכון תוכניות הלימודים במגמות החינוך הטכנולוגי</u>

א. תוכניות הלימודים של רוב המגמות בחינוך הטכנולוגי עברו או עוברות עידכון במטרה להתאימן לדרישות ההכשרה המקצועית בהתחשב בחדירת המיחשוב לעיסוקים במקצועות השונים. הדבר מלווה בהכנת תוכניות לימודים, אמצעי הוראה והכשרת מורים מתאימים.

הפעולות מבוצעות על ידי המוסדות הבאים: המרכז לחינוך טכנולוגי (חולון), המכון לאמצעי הוראה, המרכז למערכות מידע ניהולי וענ"א ליד המכון לפיריון העבודה, המרכז לטכנולוגיה חינוכית (רמת-אביב), המרכז הפדגוגי - אורט.

ב. במאי 1984 יתקיים בירושלים כנס עבודה בין-לאומי מוקדש לנושא "השלכות המחישוב על ההכשרה המקצועית". היוזמה לכנס באה מצידנו והוא יקוים על ידי האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה (אילי"א) והאירגון הבין-לאומי לעיבוד מידע, בשיתוף עם משרד החינוך והתרבות, משרד העבודה והרווחה, רשת אורט, הועדה לקידום החינוך המקצועי בהסתדרות, המרכז לטכנולוגיה חינוכית והמכון לפיריון העבודה והיצור.

2.4 הוראה בסיוע מחשב לקידום ההשגים הלימודיים במקצועות היסוד

עיקר הפעילות מתרכזת עדיין בתירגול ואימון - אך מתרחבת הפעילות לפיתוח תוכניות להקניית ידע ראשוני והשלמת/שיפור הידע, פיתוח משחקים לימודיים, פיתוח תוכניות משולבות המקיפות ידע מתחומי לימוד שונים.

א. המרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח) מתרכז בפיתוח מערכת תוא"ם ולומדה עבורה. הוכנס לשימוש דגם משופר של המחשב (פיתוח על ידי מט"ח ובמימונו) ובו אמצעים משופרים מבחינת גרפיקה, זמן תגובה, גורל מאגרי המידע, אפשרויות הפעלת מגוון שפות תיכנות. פיתוח הלומדה שבמימון הועדה למחשבים מיועד למקצועות: חשבון והנדסה, הבנת הנקרא, אנגלית על פי חומר הלימוד של בית הספר היסודי, עד כתה ו'.

ב. האגף לתוכניות לימודים הקים מחלקה לתוכניות לימודים ממוחשבות שתפקידה לשלב את השימוש במחשבים להוראה בתוכניות לימודים קיימות ובתוכניות לימודים חדשות בפיתוח האגף. העבודה מבוצעת בחלקה על ידי צוותים מרכזיים במרכז לתוכניות לימודים וברובה על ידי צוותים מחוזיים ומקומיים, בהם משולבים מורים מבתי הספר. מרכזי צוותים אלה פועלים בתאום ועל פי ההנחיות של ראשי צוותי תוכניות הלימודים של האגף.

נושאי הפיתוח מתיחסים למקצועות הבסיסיים של בית הספר היסודי ומכוונים לשימוש במיקרו-מחשבים מהסוגים השונים הנמצאים כיום בבתי הספר היסודיים בארץ (אפל, אטרי, קומודור) אך אין בשלב זה התקשרות ישירה עם מפיצי הציוד בארץ.

פעולות פיתוח הלומדה של צוות ס.מ.ל. אשר התחילו לפני כ-4 שנים בקרית שמונה ישתלבו לפעולות הארץ לתוכניות לימודים.

ג. המכון לאמצעי הוראה מפתח לומדות עבור מערכות מכ"ל, הניתנת להפעלה על מיגון מחשבים שברשת החינוך (דיגיטל, דטה גנרל, י.ב.מ. 34, תוא"ם, קומודור, רדיו-שק). הלומדה מיועדת בעיקר לחינוך העל-יסודי ובתחום מקצועות היסוד הולך ומושלם חומר לאלגברה בסיסית ונבדקת האפשרות לפיתוח לומדה בתחביר עברי וכן לומדה לסגירת פערים בידע הבסיסי באנגלית.

2.5 שילוב המחשב להוראה - מגוון האפשרות

א. שילוב המחשב להוראת המדעים - במסגרת המרכז להוראת המדעים (באמצעות האגף לתוכניות לימודים) נבדקות האפשרויות לשילוב השימוש במחשב להוראה ולפיתוח חומרי למידה מתאימים, באוניברסיטת ירושלים, מכון ויצמן, אוניברסיטת תל-אביב, הטכניון, במקצוע מתמטיקה, פיסיקה, כימיה, ביאולוגיה - כל מוסד בתחום בו הוא מופקד על פיתוח תוכניות הלימודים.

מוסדות אלה נתבקשו גם לתת את דעתם לשינויים הצפויים בתוכניות הלימודים, דרכי ההוראה ודרכי הפעלת התלמידים, כהכנה לקראת הפיכת בתי הספר לסביבה עשירת-מחשבים.

ב. שילוב אמצעים אור-קוליים למערכות למידה ממוחשבות ובמיוחד ווידאו-טייפ (ובעתיד ווידאו-דיסק) מבוקר מחשב נכלל בתוכניות העבודה המבוצעות על ידי המכון לאמצעי הוראה והמרכז לטלוויזיה לימודית.

ג. שימוש במאגרי מידע-סיפריה ממוחשבת-אינציקלופדיה ממוחשבת ושילובם בפעילויות הלימודיות של תלמידי בתי הספר נמצאים בתוכניות העבודה המוצעות על ידי המרכז לטלוויזיה לימודית ומט"ח.

ד. השימוש בלוגו - בבתי הספר נבדק על ידי צוותים באוניברסיטת חיפה, המכללה על שם ספיר בשער הנגב ואוניברסיטת בן גוריון.

3. מחקר והערכה

א. כל פרויקט פיתוח יכלול הערכה מעצבת בתוכנית פעולתו. דרכי ההערכה יתואמו עם לשכת המדען הראשי, אך יבוצעו בדרך כלל על ידי צוותי הפיתוח. לקראת השנים הבאות, תבדק האפשרות ביצוע הערכה חיצונית, על ידי צוותים מטעם המדען הראשי של המשרד.

ב. לשכת המדען הראשי, ואוניברסיטת ירושלים, מכינים תוכנית של הערכה השוואתית של מערכות תירגול בעזרת מחשב מול דרכים אחרות לשיפור ההשגים הלימודיים, בהוראת החשבון היסודי.

ג. דרכי הפעלת השימוש בלוגו ובדיקת תוצאות צפויות משימוש זה נכללו במחקר שבוצע על ידי אוניברסיטת חיפה. המשך המחקר נמצא בשלבי בדיקה.

ד. נבדקת האפשרות להקמת צוות חשיבה ותיכנון אשר יתיחס להבטים החינוכיים, החברתיים והערכיים של הרחבת השימוש במחשבים ודרכים להעזר במחשב לטיפול בנושאים אלה.

4. הצטיידות בתי ספר

4.1 אישור תוכניות הצטיידות

בית ספר הרוצה לרכוש ציוד מחשבים (הצטיידות ראשונה או השלמת הצטיידות קיימת) חייב לבקשה אישור לתוכנית ההצטיידות שלו. בדיקת התוכניות ואישורן - על ידי ועדה הפועלת מטעם הועדה למחשבים.

משך תשמ"ג הוגשו כ-110 תוכניות הצטיידות לאישור הועדה. סוגי המחשבים שנרכשו על ידי בתי הספר: קומודור, רדיו-שק, אפל, תוא"ם. בודדים רכשו אטרי וסוגים אחרים.אין עדיין נתונים של סקר על היקף ההצטיידות, אך סביר להניח שלקראת תשמ"ד יהיה ציוד מחשבים ב-300-350 מתוך כ-500 בתי ספר על יסודיים וכן ב-200-250 מתוך כ-1500 בתי ספר יסודיים.

4.2 תמיכה כספית בבתי ספר

א. בתי ספר על יסודיים אשר רוכשים מחשבים, בעיקר לצורך הוראת מדעי המחשב, יכולים לקבל תמיכה מהועדה למחשבים. סכום התמיכה כשליש משווי הרכישה לרוב בגבולות 3000-7000 $ למוסדי בתי הספר בהם יתנהל ניסוי הוראת "הכרת המחשב" קבלו תמיכה מועדפת. סכומי התמיכה מוענקים על ידי ועדת הקצבות.

ב. אין בשלב זה מקורות מטעם הועדה למחשבים לתמיכה בבתי ספר יסודיים לצורך הצטיידות במחשבים. בתי ספר אלה מקבלים מימון מפרויקט שיקום שכונות. מהרשויות המקומיות, תרומות וכספי הורים.

ג. לגבי ההוצאות השוטפות להפעלת מחשבים בבתי ספר - אין בשלב זה הסדר מימון מטעם המשרד. המשאבים דרושים לצורך תחזוקה שוטפת ולכח-אדם לניהול והפעלת המחשב ולפיתוח השימוש בו.

נבדקת האפשרות לכלול הוצאות אלה בתחשיב רמת השרות - אם יאושר הדבר, יהיה בכך פתרון חלקי לפחות.

4.3 קביעת סוגי מחשבים מומלצים לבתי ספר

מתוך מגמה להבטיח תנאי הספקה טובים יותר וכן כדי להגביל את מגוון סוגי המחשבים שנרכשים על ידי בתי הספר, ולהבטיח בחירת ציוד מתאים לשימוש בבתי הספר, הוחלט לפרסם מכרז מטעם משרד החינוך - מכרז שמטרתו לאשר סוגי ציוד מומלצים ואת תנאי הספקתם.

המפרט הטכני ודרישות המינימום למכרז זה הוכנו על ידי צוות מקצועי, על פי הנחיות ובאישור תת-ועדה מטעם הועדה למחשבים. צפוי שהמכרז יפורסם בחודש אוגוסט 1983. גמר הטיפול צפוי לאחר 4-3 חדשים.

בעתיד, יחודש המכרז מדי 12-6 חדשים - לצורך עידכון באשר לסוגי הציוד ותנאי ההספקה.

5. מרכזי מידע, הפצת מידע

א. מק"מ - המרכז לקידום יישומי מחשבים בחינוך, פועל במסגרת צנועה מזה שנים אחדות. מטרותיו - איסוף, בדיקה, תעוד והפצה של תוכנות ולומדות המתאימות לבתי ספר; קיום השתלמויות, ימי עיון ומתן הדרכה למורים; פיתוח תוכנה ולומדה (בהיקף מצומצם) ותמיכה לצוותי פיתוח לומדה של האגף לתוכניות לימודים; פירסום תקופון - "מחשוב" בנושא המחשבים במערכת החינוך.

החל משנת 1983/84 מק"מ פועל כפרויקט בביצוע עירית חיפה (תחת קורת גג אחת עם מרכז עירוני לקידום המיחשוב); פעולתו מתואמת עם המחלקה לתוכניות לימודים ממוחשבות באגף תוכניות הלימודים.

ב. "מדור למחשבים" יופעל לניסוי בתשמ"ד ב-2 או 3 מרכזים פדגוגיים, מטרתו: להוות גורם לפעילות, חילופי מידע והדרכה למורים המשלבים מחשבים לעבודה בהוראה. מדורים אלה יופעלו בתאום עם המק"מ והאגף לתוכניות לימודים.

ג. רשת תקשורת מחשבים במערכת החינוך - האפשרויות וההשלכות של הקמת תקשורת מחשבים בין מוסדות החינוך עומדות להבדק במסגרת הועדה העליונה לתקשוב מטעם משרדי המדע והתקשורת ובמסגרת פרויקט טלטקס, בטלויזיה הלימודית.

במסגרות אלה תבדקנה גם האפשרויות להקמת מאגר מידע מרכזי למערכת החינוך.

/..

הסברים לסעיפי התקציב - לארבע שנים תשמ"ה - משמ"ח

1. מחשוב החנוך: ראה טבלאות מצורפות.

2. הכרת המחשב:

א. פתוח 50 מרכזי מחשוב בארץ- עלות כל מרכז ל-4 שנים:

ציוד	$ 50,000
תחזוקה 4x5,000	$ 20,000
מדריך-רכז 4x12,500	$ 50,000
ציוד חמרים ושונות 4x5000	$ 20,000
	140,000 x 50 = 7 מיליון $

הערה: שכר דירה יכוסה ע"י מיקום במתנ"סים, או יתוקצב ע"י העיריה.

ב. פתוח 10 סרטי וידאו לפי 50,000 $ לסרט.

ג. פתוח סדרה טלויזיונית, כנ"ל.

3. קרן סיוע (חישוב לשנה)

א. סיוע לכ- 30 מרצים קיימים ועוד סיוע לכ-50 מרצים נוספים לפי 500 $ לחודש.	=	.48
ב. ספרות לפי 20,000 $ למוסד לשנה	=	.14
ג. הצטיידות, 50,000 $ למוסד לשנה	=	.35
		.97

מתוך סכום של מיליון $ לשנה, תשתתף הממשלה בחצי מיליון דולר, והיתר יינתן ע"י גורמי המשק המעסיקים כ"א במחשבים לפי תחשיב משוער של 100 $ לעובד לשנה, 5,000 עובדים.

4. השכלה בכתב

א. עבור 20-25 קורסים לפי 120,000 $ - 180,000 $ לקורס.

ב - ד הערכה.

5. סיוע להכשרה מקצועית

א. 500 מלגות של 1,200 $ לשנה.

ב. תוספת 200 עמדות לפי 3,000 $ לעמדה.

6. צ_ו_ו_ת מ_ר_כ_ז_י.

א. לאחרונה אושרה משרה למפקח מרכז על המחשבים בחינוך.
נבדקות הדרכים לגיבוש צוות מרכז מצומצם, מקצועי ומנהלי להכונת פעילות הועדה למחשבים. כמו כן נבדקת האפשרות למחשב את המידע ואת ניהול פעולות הועדה.

ב. הנחיה לפעולות בתחום המחשבים בחינוך העל יסודי ניתנת למסגרת הפרויקטים לפיתוח וקידום הנושא. עיקר העבודה נעשית על ידי צוות במרכז לחינוך טכנולוגי, חולון, צוות אשר פועל בתאום הדוק עם המפקח המרכז . הצוות כולל מנחים לכל המחוזות בארץ, מנחה לפעולות ההשתלמות בתחום המחשבים ויועצים לנושאים מתמחים.

ג. נבדקת האפשרות להקים צוות הנחיה גם לפעולות בחינוך היסודי.

ד. הטיפול בבחינות הבגרות והגמר - עריכת שאלונים והערכת הבחינות - בכל התחומים הקשורים במחשבים נעשה על ידי ועדות וצוותים המתמנים על ידנו ופועלים בהדרכתנו.

ה. סקר היקף ההוראה - מורים, בתי ספר, כיתות, תלמידים וכו' יסתיים בתחילת תשמ"ד.

תקציב משוער למחשוב מערכת החנוך (1)

	תשמ"ה 84/85		תשמ"ו 85/86		תשמ"ז 86/87		תשמ"ח 87/88		סה"כ עלות
1. הצטיידות - חטיבות	200 בתי"ס	13.4	200 בתי"ס	13.4	200 בתי"ס	13.4	--------	--------	40.2
2. הצטיידות - יסודי	450 בתי"ס	18.	450 בתי"ס	18.	450 בתי"ס	18.	450 בתי"ס	18.	72.
3. רכוז, תפעול, תחזוקה - חטיבות	200 בתי"ס	3.8	400 בתי"ס	7.6	600 בתי"ס	13.8	600 בתי"ס	13.8	39.
4. רכוז, תפעול, תחזוקה - יסודי	450 בתי"ס	6.7	900 בתי"ס	13.5	1350בתי"ס	25.6	1800בתי"ס	34.2	80.
5. הוראה ז' - ח'	100 משרות	1.8	300 משרות	5.4	500 משרות	9.	500 משרות	9.	25.2
6. הוראה - עליונה	28 משרות	.5	56 משרות	1.	84 משרות	1.5	84 משרות	1.5	4.5
7. הוראה - טכנולוגי	21 משרות	.4	21 משרות	.4	21 משרות	.4	21 משרות	.4	1.6
8. הכשרה מורים ורכזי מחשוב		1.2		1.2		1.2		1.2	4.8
סה"כ		45.8		60.5		82.9		78.1	267.3

(1) במליוני דולארים ובמחירים של היום.

<u>הסברים לסעיפי התקציב - מחשוב החנוך</u>

<u>נתונים</u>

תקציב משרד החנוך - חשמ"ג	: במיליארד דולר
מספר תלמידים במערכת החנוך חשמ"ג	: 932,000
מספר מורים במערכת החנוך - חשמ"ג	: 60,000
מספר בתי ספר יסודיים	: 2,000 - מהם כ-200 כבר מצויידים.
מספר בתי ספר תיכוניים וחטיבות-ביניים.	: 800 - מהם כ-200 כבר מצויידים.

<u>הסברים</u>

1. לפי 67,000 $ למעבדה של 20 עמדות לבי"ח - ספר.

2. לפי 40,000 $ למעבדה של 20 עמדות לבי"ח -ספר.

3. לפי:

$ 6,700	תחזוקה
$ 3,000	חמרים וציוד עזר
$ 300	שונות
$ 10,000	
$ 9,000	חצי משרה - רכז מחשוב ואחראי מעבדה
$ 19,000	עבור 84/85, 85/86
$ 4,000	התחברות לרשת תקשרת לאומית החל מ- 86/87
$ 23,000	עבור 86/87 - 87/88

4. לפי:

$ 4,000	תחזוקה
$ 2,000	חמרים, ציוד עזר ושונות
$ 6,000	
$ 9,000	חצי משרה - רכז ואחראי מעבדה
$ 15,000	עבור 84/85 - 85/86
$ 4,000	התחברות לרשת תקשרת לאומית החל מ-67/68
$ 19,000	

5. לפי: 2.6 שעות לכתה לשבוע עבור 2,500 כתות ז' ו-2,500 כתות ח', סה"כ 13,000 שעות הוראה = כ-500 משרות.

6. לפי: תוספת שעה ל-400 כתות קיימות ועוד תוספת 400 כתות, 4 שעות סה"כ 2,000 שעות = 84 משרות.

7. לפי תוספת 2/3 שעה ל-750 כתות = 500 שעות = 21 משרות.

8. א. 600 משרות הוראה + 2,800 רכזי מחשוב (בחצי משרה), תוך התחשבות בעבודה בחלקי משרה מצד אחד ונפל מצד שני.

הכשרת 2000 עובדים לפי 1,200 $ לעובד = 2.4 מיליון דולר

ב. הכשרת מורים של בי"ס היסודי לשלוב המחשב בהוראה, 240 $ למורה, 5 מורים לבי"ס, 2,000 בתי ספר = 2.4 מיליון דולר

4.8 " "

<u>הנחות והערות נוספות</u>

א. כל העלויות הם במחירים דהיום. ידוע שהמחירים הולכים ויורדים בצורה נכרת.
ב. לא נלקח בחשבון גדול משמעותי במספר בתי הספר בתקופה הנדונה.
ג. בתי הספר המצויידים כעת לא נלקחו בחשבון מבחינת תוספת ציוד ותחזוקה.
ד. אין צורך בתוספת תקציבית למשרות הוראה בבי"ס היסודי כתוצאה מפעילויות של הכרת המחשב ושלוב המחשב בהוראה.
ה. הכנת חמרי למוד, פתוח למדה, תכנית לימודים וכד' לא תוקצבו כאן, וייכללו בתקציב הרגיל של המשרד.
ו. לפי המספרים דלעיל, התוספת התקציבית הדרושה למשרד החנוך היא כ-5%, וההשקעה במחשוב היא כ-50 $ לתלמיד לשנה.

Educational Productivity, the Teacher and Technology

by ARTHUR S. MELMED, Director
Educational Technology & Science Staff,
Office of Educational Research & Improvement,
U.S. Department of Education

Computer literacy has become a metaphor for American economic success.

Presently, computer literacy is the most common and rapidly growing use of computers in the schools. Although the precise nature of computer literacy programs remains a doubt, the widespread acceptance of this new educational goal by the schools is not. The future holds the opportunity for other applications of the computer to important school objectives such as improved student learning and improved teacher productivity. Rough-and-ready analyses reveal that school financing need not be a fundamental impediment to the realization of these objectives.

Computer Literacy Is an Urgent Need

Data from various sources[1] reveal the strong, almost urgent interest of schools in accommodating parental interest in computer literacy for their children. Microelectronics, computers and computer literacy have become a metaphor in the public mind for American economic success. The linkage is not far-fetched.

There is some evidence and a growing consensus in business and industry that in a growing internationalized economy, the key to American success is an economy that emphasizes high value-added products and services, which depend in turn on an educated workforce. In the absence of any careful evaluation of the curricula that may lead to the educated and better-educated workforce demanded by the new economy, increased doses of mathematics; the sciences, including computer science; and foreign language instruction are being widely prescribed. In this climate, computer literacy programs have sprouted in and out of school.

1. *Becker, H.* School Uses of Microcomputers: Reports from a National Survey. Issue No. 2. *Baltimore, Md: The Johns Hopkins University, Center for Social Organization of Schools, June 1983.*

Improving Student Learning Using Computers

By 1988 it is projected that schools will have 1,250,000 computer units installed.

Using the cost of the large number of small personal computers acquired by the schools since 1980 as a measure of financial capacity, a scenario can be structured which reveals how the focus of school use of computers can be expanded to include improving student learning in various curriculum areas such as mathematics and the sciences, history and foreign languages, and so on. The argument supporting the effectiveness of this approach can be summarized briefly as follows:

(1) Empirical evidence supports intuition that periods of concentrated attention to learning by the student improves achievement.

(2) The computer, in the form of video games and routinized drill-and-practice, has demonstrated a powerful capacity to concentrate the student's attention.[2]

(3) Ample evidence reveals a startling deficit in the school day of periods of concentrated attention to learning by the student.[3]

The expanded school use of computers to improve student achievement by increasing the period of time in the school day devoted to concentrated learning depends upon the school acquisition of computers in adequate numbers, (or of adequate computing capacity in some form), the acquisition of educational software of adequate quantity and variety, and of

2. *Malone, T. W.* What Makes Things Fun to Learn? A Study of Intrinsically Motivating Computer Games. *Palo Alto, Calif.: Xerox PARC, August 1980.*
3. *Goodlad, J. I.* A Place Called School. *New York: McGraw-Hill, 1983.*

sharply improved quality over what is presently available. What do we presently know about the condition of hardware and software in the schools and the marketplace; what information can be used to structure a scenario of expanded use; and what financial and other inferences can be drawn from the scenario?

Computer Use Doubling Annually

The number of personal microcomputers available in the schools for classroom instruction rose from 31,000 in the fall of 1980 to 96,000 in the spring of 1982. The estimated number in the fall of 1983 is 250,000. This increase may be represented as a doubling every 12 months. While these 250,000 units no doubt represent a motley collection of equipment ranging in price between $300 and $2,000 a unit, the assumption of an average figure of $1,000 leads to estimated expenditures for hardware by the schools of $31 million in 1981, $62 million in 1982, and $124 million in 1983. It may be thought unlikely that the schools can long continue to maintain this rate of increase in expenditures. But by considering the possibility of a least one more doubling to an estimated expenditure level of $250 million, for maintenance at that expenditure level thereafter, and for an average life-expectancy per unit of five years, we can project in five years time around 1988 an installed equipment base of 1,250,000 computer units. The schools would thereafter be replacing 250,000 failing units each year with 250,000 new ones. What implication does this installed base hold for student access?

Sufficient knowledge exists to produce educational software of substantially improved quality.

Assuming an average school day of five and a half hours, or 330 minutes, and a school population of 40 million students, 1,250,000 computer units provides for an average of about ten minutes of computer time per day for each student. If some students only need or only get five minutes, then others can have 15. By considering the possibility of yet another doubling to an acquisition rate of 500,000 computer units annually, this leads, under the same assumptions, by around 1989, to an average of 20 minutes of computer time per day per student, and if some younger students only get ten minutes, then older students can have 30 minutes daily, on average, or slightly less than ten percent of the school day. A reasonable inference from the available although admittedly limited evidence[4,5] is that this much time spent in concentrated computer learning by younger and older students in one or two subject areas can make a significant difference in student achievement measured by test results, although not necessarily with today's available software.

Software Development Costs

Recently completed studies[6,7,8] reveal some 700 software development organizations, mostly small and very small firms, and about 2,100 available software titles: 500 in reading and writing, 1,600 in mathematics and science education, and 500 in foreign language instruction. Many of these titles represent routinized drill-and-practice, especially in elementary arithmetic and reading skills; many represent isolated instructional units that the teacher cannot easily fit into the instructional sequence; and by a broad consensus, much of this software is of poor quality, including poor pedagogical quality. The annual level of private-sector investment in developing and marketing educational software, while difficult to estimate, is probably a figure, in 1983, between $20 million and $40 million, up from comparable figures in 1981 and 1982 of about $10 million and $20 million respectively. Data from which to estimate the present level of school expenditures for educational software are not readily available. A rough-and-ready estimate that almost certainly straddles the correct figure is $12.5 million to $25 million.

(continued on page 80)

4. *Jamison, D., Suppes, P. and Wells, S.* The Effectiveness of Alternative Instructional Media: A Survey. *Review of Educational Research, 1974, 44, pp. 1-67*
5. *Ragosta, M., Holland, P. and Jamison, D.* Computer-Assisted Instruction and Compensatory Education: The ETS/LAUSD Study. *Washington, D.C.: National Institute of Education, No. 0400-780065, September 1979*
6. *Russ-Eft, D. and McLaughlin, D.* Needs and Development Opportunities for Educational Computer Software in Reading, Writing and Communication Skills. *Washington, D.C.: U.S. Department of Education, No. 0400-82-0021, June 1983.*
7. *Tinker, R.* Science and Mathematics Software Opportunities and Needs. *Washington, D.C.: U.S. Department of Education, No. 0400-82-0021, June 1983.*
8. *Stolurow, L. and Cubillos, E.* Needs and Development Opportunities for Educational Software for Foreign Language Instruction in Schools. *Washington, D.C.: U.S. Department of Education, No. 0400-82-0021, June 1983.*

In contrast to these data, what is the required level of school expenditures for educational software to realize this scenario of using computers to improve student learning? About the quality of software, it can be remarked that sufficient knowledge now exists to produce educational software of substantially improved quality over what is presently available, on average; software that will operate smoothly and easily, and not allow the student to get into program cul-de-sacs from which he or she cannot readily withdraw; software that will stimulate and motivate the student, and concentrate his or her attention; software whose instructional content is correct, and minimally misleading. That much is a matter of care and adequate development funds using existing knowledge. What is not adequately available presently is the knowledge to individualize software for students with different aptitudes and learning skills. That is a matter for further research and development.

A student requires 720 hours of instructional software.

School Computer Use Model

A simple, no doubt overly simple, model of school computer use provides that in 12 years of schooling, at an average of 20 minutes a day, a student requires 720 hours of instructional software. But some students will tend to emphasize basic skills in their computer use, while others will emphasize mathematics and science, or foreign languages, or history and social studies, or music, and so on. Some students will be struggling to achieve basic subject mastery, while others will be pursuing advanced study. Perhaps four to six times 720 hours of software may be required by the schools for the scenario proposed here of using computers to improve learning for all students, or a total of about 3,000 to 4,000 hours. This figure should not be confused with the greater number of hours of available educational software in the marketplace that competition for the school dollar might produce.

The costs of developing and distributing educational software are uncertain, and some assumptions are necessary to compute the annualized replacement cost to the schools of 3,000 to 4,000 hours of software. Some experts project development costs of $3,000 to $10,000 an hour, and others $50,000 an hour. (High-quality television programming may be five times again as much.) The production of software is labor-intensive, and the cost of $30,000 an hour for development of high-quality software will be assumed here for this computation, and a multiplier factor of five between development costs and sales price to cover the costs of management, software maintenance, marketing and profit. Assuming further a figure of five years as the life-expectancy or market obsolescence rate for educational software in the long term, the annualized replacement cost to the schools of 3,000 to 4,000 hours of high-quality software may be computed at $90 million to $120 million, or around $100 million. Because both software users (teachers and school curriculum experts) and producers are presently on the initial slope of a learning curve in which standards of taste and quality are rapidly changing, the assumed life expectancy of five years is almost certainly too long and the figure $100 million too low in the short term.

By next year, schools must increase computer hardware expenditures to $500 million annually.

Educational Needs Enormous

A summary of what can be learned from this rough analysis includes the following:

(1) By 1990, to provide 40 million students with an average of 20 minutes of daily computer use to improve learning, schools must increase annual expenditures for hardware by a factor of four, or two doublings,

from an estimated $125 million in 1983 to about $500 million in 1985. Assuming present school expenditures for software at the lower estimated figure of $12.5 million and an estimated obsolescence rate for software of five years, schools must increase annual expenditures for software by a factor of eight, or three doublings from $12.5 million in 1983 to about $100 million in 1986. Assuming present school expenditures for software at the higher estimated figure of $25 million has the effect of reducing the required number of doublings to two, while reducing the life-expectancy of software by half, to two and a half years, increases the required number of doublings once again to three. In either case, the required demand for expenditures on hardware is substantially greater than that for software.

(2) Using the current figure of about $140 billion for annual elementary-secondary education expenditures as a base, the total of $600 million to $700 million projected in expenditures for hardware and software represents about 0.5 percent; and if these estimates are off in the aggregate by a factor of two, one percent. For comparison, a $600 increase in the current average annual salary of $18,000[9] for 2.3 million teachers represents the same increase in the total school budget.

Another approach considers the use of 'intelligent computer tutors.'

Improving Teacher Productivity Using Computers

A different scenario concerns the longer-term prospect of using computers at a higher cost to improve teacher productivity by increasing average class size, and of capturing the benefit of some of this productivity gain in the form of higher salaries for teachers. Annual educational expenditures in this scenario need not rise any more than in the earlier one.

This scenario, which may become feasible sometime in the next decade, depends upon present investment in research on so-called "intelligent computer tutors," which create their effect, as the name implies, by individualizing the instruction for each student, as well as by stimulating and motivating the student to concentrate his attention on learning, as in the earlier scenario. The greater sophistication of the software described in this scenario also will require more powerful computers by many factors than are presently available in the schools.

The degree of individualization sought here goes well beyond allowing the student to progress through the curriculum at an individually-determined rate with an occasional "help" sequence, but includes consideration in deep detail of the individual student's knowledge and skills in the instructional domain, including provision for the student's misconceptions.

More Powerful Computers Required

Computer software products of this class, which teach as well as provide motivation for concentrated periods of learning by the student, are not consistent with the class of microcomputer presently found in the schools, nor with average daily periods of interaction ranging between ten and 30 minutes; they require the use of very much more powerful equipment for longer periods of interaction ranging between 30 minutes and two hours daily. Thus, more units of equipment are required to service all students — say three to four times as many — at a higher unit price, although maybe not that much higher by the middle of the next decade. The necessary software can be expected to be substantially more expensive.

Annual hardware replacement costs are estimated at $3.6 billion.

Thus, the annualized replacement cost for hardware and software in this scenario is greater than in the earlier one. But with 40 million students absorbed in computer interactions for periods varying between 30 minutes and two hours during the school day, it should be possible to consider larger average student-teacher ratios than the present average of ten,[10] and a

(continued on page 82)

9. The Condition of Education, 1982 Edition *Washington D.C.: National Center for Education Statistics, 1982 p.102*

10. The Condition of Education, 1983 Edition *Washington, D.C.: National Center for Education Statistics, 1983, p.30.*

reduction in the required number of teachers from the present figure of about 2.3 million. Under greatly simplified assumptions, a rough-and-ready computation can be completed that gives a sense of the trade-off between the expenditure increase for technology and the expenditure decrease for labor. The terms of this computation should not be conceived as a design for the classroom of the future.

Assuming a linear distribution of daily computer access time for 40 million students of the following sort — 30 minutes for ten million students, 60 minutes for ten million students, 90 minutes for ten million students, and 120 minutes for ten million students — leads to a requirement of nine million computer units, or an annual replacement rate of 1.8 million units in place of 500,000 units in the earlier scenario. Assuming a multiplier factor of two for the cost of hardware in today's prices — (much more powerful hardware is required in this scenario, but hardware costs decline as power increases every year) — leads to an annual replacement cost for hardware of $3.6 billion.

Assuming a multiplier factor of ten in the cost of educational software (and a life-expectancy for software of five years commensurate with a more advanced and experienced market) leads to an annual replacement cost for both hardware and software of $4.6 billion, or about seven times the annual replacement cost for technology of $600 million to $700 million in the earlier scenario.

The average annual teacher wage could be increased by $2,500.

Possible Effect on Teacher Wages

Presently, about 2.3 million teachers provide instruction for about 40 million students for 330 minutes daily, an average student-teacher ratio of about 18, or a daily average student-hour load per teacher of about 99. The average teacher wage is about $18,000 annually.

Under the same distributional assumption of daily computer access times for students as earlier, and the assumption that students at computer units require no supervision, applying the load factor of 99 leads to a reduced requirement for teachers by about 500,000, and an increase in the average student-teacher ratio by about five, from 18 to 23. The savings in teacher wages for these assumptions is about $9.1 billion or about twice the cost for technology of $4.6 billion. (Any actual savings is likely to be greater as teacher wages tend to rise over time because of productivity gains allocated to labor in other sectors of the economy.) The net savings of $4.5 billion — the difference between the savings and the cost for technology — can be allocated in various ways. If fully allocated to teacher wages, it represents an increase in the average annual teacher wage in this example of $2,500.

Research for the knowledge underlying software interaction paradigms is necessary.

A Unique Opportunity

Computers appear to represent a unique opportunity for improving education by improving student achievement on the output side and reducing unit cost on the input side. The first can be realized by establishing a market in higher-quality software that can be produced with current knowledge at the cost of a marginal increase in school expenditures. The second requires a prior investment in research for the knowledge underlying software interaction paradigms (or intelligent computer tutors) that can substantially increase the degree of individualization of instruction beyond what current knowledge makes possible. Software based on this new knowledge should also have the effect of improving student achievement. [J]

T · H · E
TECHNOLOGICAL HORIZONS IN EDUCATION
JOURNAL

1985 MARKET RESEARCH REPORT

Microcomputers in Education

A Sales and Marketing Guide

Contents

Introduction

In 1984, more than 800,000 microcomputer systems were purchased by U.S. schools and colleges, representing more than 20 percent of all U.S. institutional microcomputer sales—a total of more than $2 billion worth of microcomputers, peripherals, accessories, supplies and software.[1] These purchases doubled last year's consumption of microcomputers, bringing the current installed base to 2.2 million units by yearend 1984. Many of these purchases were made in large quantities, ranging into the hundreds—and frequently thousands—of units.

The West Virginia Board of Education contracted for the purchase of 24,000 IBM PC's for its schools, colleges and vocational training centers. Progressive delivery is specified over the next four years. This is the largest single end-user purchase to date by any individual organization, anywhere. The University of Houston is now installing a network of 4,500 DEC Professional and Rainbow computers with VAX superminicomputers throughout a four-campus complex. That network alone will be expandable to interface with more than 20,000 microcomputers. The number of microcomputers in elementary and secondary schools is tripling every 18 months[2] (see Chart A). These actions exemplify a trend of explosive growth (and concomitant business opportunity) by way of large-quantity institutional purchases of microcomputers, peripherals and software. This trend will result in millions of additional installations over the next four years.

One school contract for 24,000 micros is the largest single end-user purchase to date by any individual organization anywhere.

Each of the four leading microcomputer systems manufacturers does at least 20 percent of its entire U.S. business in the education sector, now the second or third target market for most major systems vendors. The present installed base of more than two million units will virtually triple by the end of 1988 (see Chart A), with more than 5.89

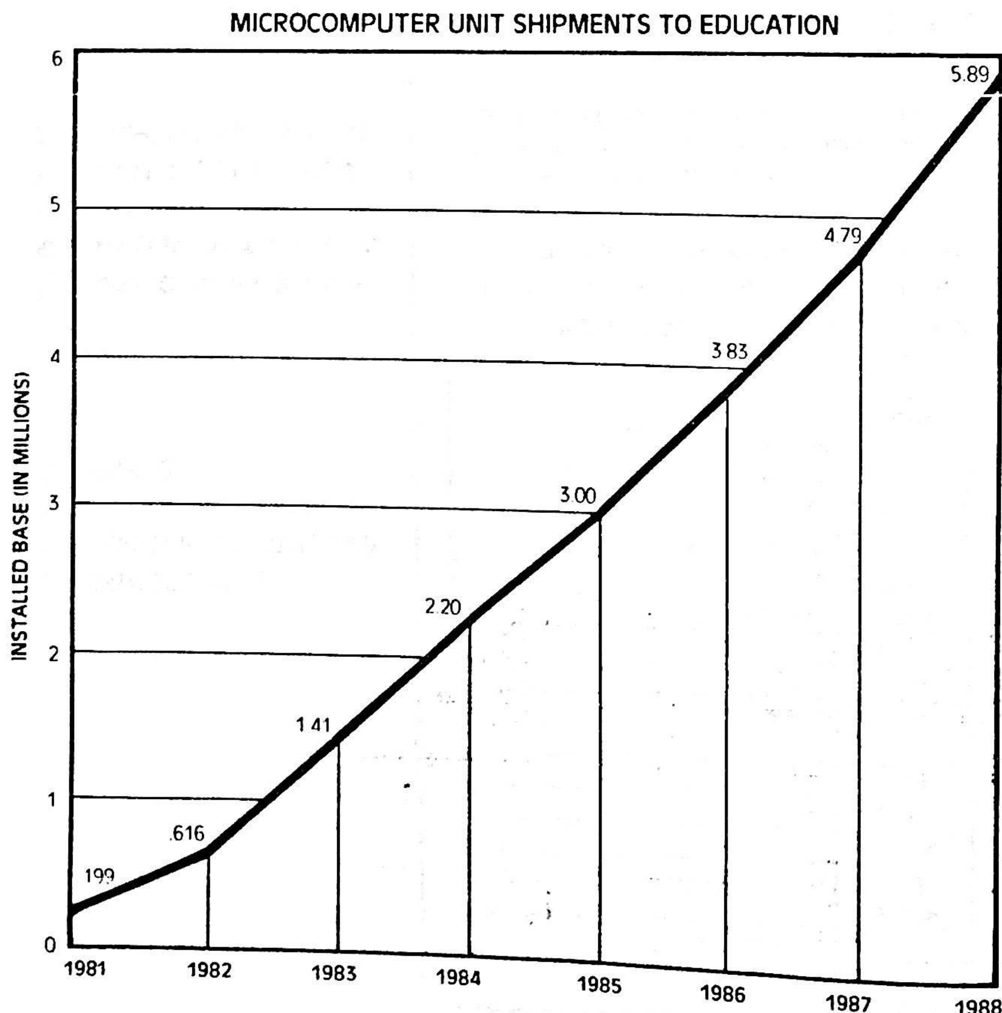


CHART A
Microcomputer Unit Shipments to U.S. Schools and Colleges, 1981-1988[3]

1 $3,000 average system price for microcomputer, peripherals, software and supplies
2 National Institute of Education, Washington, D.C.
3 Creative Strategies International, San Jose, CA. Market Strategies and Opportunities, August 1984

million units shipped to education by that time[3]. This represents a compound annual growth rate in excess of 40 percent. Coupled with the high potential for multi-unit purchases (and consequent lower sales-cost per unit), this expansion rate makes the education sector one of the most attractive markets for producers of computer hardware, peripherals and software.

Outside of the Fortune 1000 group of companies, no other market has as much sales potential for computer equipment than schools and universities.

No market outside the Fortune 1000 classification offers such opportunities for large-quantity shipments. The nation's schools and universities are rapidly placing microcomputers and computer terminals in classrooms and administrative environments. Competition in this exploding marketplace is fierce. For those manufacturers who succeed, the rewards are high. The following is an overview of:

I. Why educators are presently buying such large quantities of computer equipment;
II. How specific equipment is presently being employed in the education community;
III. Factors causing enormous increases in software needs;
IV. The budget and buying cycles in schools and colleges;
V. Primary and secondary buying influences for the purchase of educational computers;
VI. Ancillary tech-ed marketing avenues; and
VII. Keys to successful marketing in the education arena.

I. Exploding Microcomputer Sales Are a Response to the Revolution in Education

By 1986, more than 80 percent of American colleges will have established Computer Science Departments.

While today from the outside we only see the "tip of the iceberg," all educational institutions (schools, colleges, vocational institutes, as well as industry and government training centers) are literally undergoing a revolution. A revolution involving:

(1.) the retraining of more than two million teachers and instructors:

(2.) the redesign and augmentation of a major segment of curriculum materials; and

(3.) the acquisition of substantial quantities of new learning facilities.

CHART B
Potential U.S. Market for Microcomputers in Education[3]

POTENTIAL U.S. MARKET for MICROCOMPUTERS in EDUCATION

Type of School	Number of Schools	Potential # of Units Per School	Potential # of Units Per Category of School
Instructional Installations			
University, College, Community College	2,869	300	861,000
Secondary	24,191	50	1,210,000
Elementary/ Combined Elementary/Secondary	70,718	30	2,122,000
Special Education	1,521	30	46,000
Vocational/Technical	616	25	187,000
Technical Institute	108		
Business & Office	1,269		
Cosmetology/Barber	2,163		
Flight	1,064		
Trade	750		
Graphic Arts/Design	252		
Hospital	917		
Allied Health	358		
Subtotal	**106,796**	**N/A**	**4,426,000**
Administrative Installations	121,970	5	610,000
Research Installations	15,400	2	31,000
Grand Total	**N/A**	**N/A**	**5,067,000**

WHY?

American industry and the U.S. Department of Commerce both cite the need to increase the number of U.S. high-tech workers from the current base of 5 million to more than 50 million in an extremely short time span of five to six years. Such is the challenge now facing the nation's schools and colleges. Educational institutions are the principal national resource available to overcome the nation's monumental skills shortfall.

In the U.S., the number of computer-literate workers must grow 10 times to 50,000,000 within six years.

Skills must be developed in word processing *instead* of typing, in database management *instead* of manual record keeping, in robotics *instead* of assembly line piecework, and in computer-aided design *instead* of conventional drafting. Additionally, capabilities in computer design, programming, repair and operation must also be acquired by students if they expect to compete in the workplace of tomorrow.

To maintain our current standard of living with anticipated population increases, we must compete successfully on the international level. To do so requires dramatic increases in productivity to reverse the current negative balance of trade. General Motors and most other industrial giants acknowledge this necessity, and one example of action they are now taking is the investment of billions of dollars to further automate production. Additionally, they will need an entirely *new* generation of engineers capable of training a largely yet-to-be-installed army of 100,000 robots . . . engineers able to teach these robots new places to drill, mill, weld, paint, convey and inspect . . . then *retrain* them at least every year.

Academia is being forced into computer literacy curricula by the demands of American business and industry.

Achieving this goal is not made easier by such nations as Japan. This year, with less than half of America's population and only one-third of our gross national product, Japan graduated more than twice as many engineers as did U.S. educational institutions. Their 20-year national program, which has funded colleges and industry with $50 billion to embrace and explore computers and high technology, is already generating a substantial increase in Japan's GNP, resulting in a formidable competitive posture.

On a much broader basis, to staff and facilitate competitive industry nationally, corporate leaders are demanding unprecedented changes in the means and products of education in a very short span of time. The *means* include new curricula and vastly improved learning delivery systems. The *products* are "knowledge-workers" who can effectively produce in the Information Age.

A report, prepared by 41 State Governors and corporate leaders of the National Task Force on Education for Economic Growth, stated that the poor quality of American schools is threatening the military, economic and social well-being of our nation.[2]

'. . . the poor quality of American schools is thereatening the military, economic and social well-being of our nation.'

A major theme of that report was based on the fact that Japan and other nations have superior educational systems. In that document, its authors declare: "Approximately 95 percent of Japanese teenagers now graduate from high school, compared with 74 percent in the United States

"Because Japan's schools are in session five-and-a-half days a week, and because the Japanese school year is longer than ours, the typical Japanese high school graduate has the equivalent of roughly four years more education than an American high school graduate.

The present installed base of 2,000,000 units in schools will triple by the end of 1988.

California, Texas, West Virginia, Pennsylvania, Tennessee, Florida, New York and 12 other states have or are planning sweeping mandatory changes in curricula.

Single purchases of thousands of units have already been made and can be expected to increase in both size and number.

"Technological innovations will require an even more sophisticated work force in the future, therefore current educational deficiencies constitute a major threat to the well-being of this country.

"If we are serious about economic growth in America—about improving productivity, about recapturing competitiveness in our basic industries and maintaining it in our newer industries, about guaranteeing to our children a decent standard of living and a rewarding quality of life—then we must get serious about improving education. And we must start now."

In April 1983, the National Commission on Excellence in Education, established by U.S. Secretary of Education Dr. T.H. Bell, issued its report which contained five broad recommendations on how to stem the "rising tide of mediocrity" in the nation's schools and colleges. One of the most urgent recommendations presented by the Commission dealt with curriculum content. In part, the report concludes that ". . . state and local high school graduation requirements must be strengthened, and that at a minimum, all students seeking a diploma be required to lay the foundations in the Five New Basics by taking the following curriculum during their four years of high school: (a) four years of English; (b) three years of mathematics; (c) three years of science; (d) three years of social studies; and (e) one-half year of computer science."

Education's Response

The educational community *is* responding. For example, computer literacy is now becoming a high school graduation and college admission requirement. More than two million teachers and instructors need to be retrained in the information sciences by the end of this decade in order to achieve this objective. Last year, the State of California passed a law requiring three years of math, two years of science and at least one additional semester of computer science for all high school graduates. Included in this legislation were funds to establish 19 regional computer centers whose primary function is to progressively retrain that state's 175,000 teachers. Texas, West Virginia, Pennsylvania, Tennessee, Florida, New York and 12 other states are now planning similar, sweeping *mandatory* changes in curriculum, in-service training and computer facilitation.

In addition to state and industry mandates, this "revolution" is also "grass roots based" as Dr. Andrew Molnar, Director of Science and Engineering Education for the National Science Foundation, observes. "For the first time, the push for technology is now coming from the ranks of parents and students," he adds. The University of California at Los Angeles, for example, has 4,000 more students demanding computer science courses each semester than present facilities and faculty can accommodate. The Houston, Texas, Independent School District has responded to this grass roots pressure by acquiring more than 2,000 classroom computers in just the last two years, and is now planning to purchase thousands of additional machines to assure adequate facilities for their student enrollment of nearly 200,000. Computer Literacy has joined such subjects as English, mathematics and science in the requirements for an Associate of Arts Degree in the five-campus Peralta Community College District in California.

Many private colleges are now requiring each entering student to have his or her own microcomputer. Examples include Carnegie-Mellon with IBM PC's, Drexel with Macintoshes, Clarkson with Zenith Z-100's, Stevens Institute of Technology with DEC Professionals, and Drew with Epson QX10's. Hundreds of colleges will follow suit in the very near future. In addition, most of these colleges are undertaking the development and installation of comprehensive telecommunication systems supporting voice, data and video sources. The goal of each institution is to provide faculty members, students and administrative staff with access to campus computing capabilities from the classroom, laboratory and dormitory.

The computer has been in education since the '50's, when educators first began to use it as a powerful tool for administration, research and some teaching applications.

Computers can teach each individual in a classroom at his or her own pace; can tabulate, grade and evaluate the student's performance; then specify strengths and weaknesses; and almost immediately direct/control further instruction. Known as Computer-Assisted Instruction (CAI), this application was originally designed for large scale computer systems, and its use did not become widespread. Introduction of commercially available microcomputers in the late '70's provided educational institutions with the opportunity to use computers as a learning tool in classrooms and laboratories of varying sizes.

Availability of affordable hardware in the last three years has resulted in extremely rapid purchases of microcomputers. More microcomputers were bought in 1982 for education than in all previous years combined, and in 1984, purchases almost quadrupled those 1982 deliveries (see Chart A).

In 1984, computer hardware purchases by schools almost quadrupled those of 1982.

Scope of the Challenge

The need for computer education and for effective use of computers is challenging educators to plan a major overhaul of curricula, facilities and human resources.

Consider the logistics involved in the major overhaul required of the education industry:

—56,300,000 student enrollment in all schools and colleges;
—3,100,000 total faculty (teachers, instructors and professors);
—300,000 administrators and staff support members;
—87,000 schools (including more than 24,000 secondary);
—17,000 school districts;
—3,284 colleges and universities (including 1,200 community colleges);
—1,394 private vocational institutes; and
—8,000 industry and government training centers.

Also consider the business opportunity for computer equipment sales to the nation's fastest growing industry (see Chart C).

Funding

Contrary to the prevailing "public" perception that schools are bankrupt, Education is one of our nation's largest industries in terms of expenditures as well as size—larger than banking, bigger than transportation and greater than insurance! In fact, it is second *only* to the U.S. Dept. of Defense. Provision of educational services is constitutionally, and has traditionally been, a state, local and private responsibility. Education in the United States was estimated in the 1983/84 school year to be a *$230 billion* enterprise, constituting about 6.9 percent of the Gross National Product. In 1982/83, it cost $215 billion.[4]

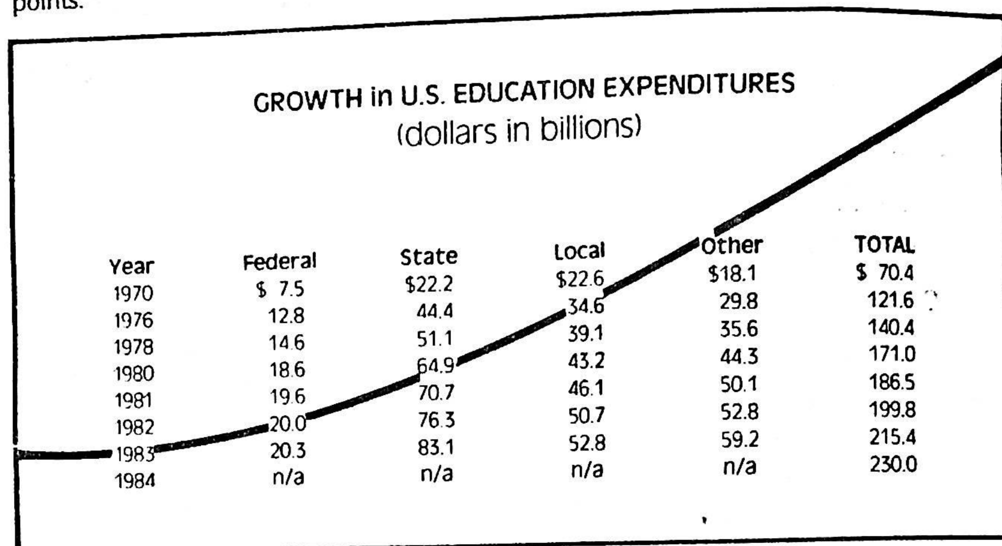
Education in America was estimated in the 1983/84 school year to have been a $230,000,000,000 enterprise — almost seven percent of the nation's GNP.

While Federal funding for education has steadily increased over the last decade, state and local funding has increased even more. The largest share of this growth since 1970 has been in state funding. Local school districts, which formerly raised funds for education primarily through property taxes, encountered widespread opposition to higher taxes, and states faced legal challenges to the various inequities of educational financing among districts within states. Thus, it became necessary for states to contribute *more* funding. Because states, unlike the Federal Government, are not allowed to operate at a deficit, state revenues had to be increased. The most common vehicles for the revenue increases have been sales taxes, and taxes on personal and corporate income.

4 U.S. Dept. of Education Fiscal Year Budget, February 1984.

The table below shows the growth in total education funding, along with figures for state, local and federal shares. Since 1970, it shows that the state share has *increased* seven percentage points, while the local share has *dropped* by almost eight percentage points.

CHART C
Growth in Education Expenditures[4]



GROWTH in U.S. EDUCATION EXPENDITURES
(dollars in billions)

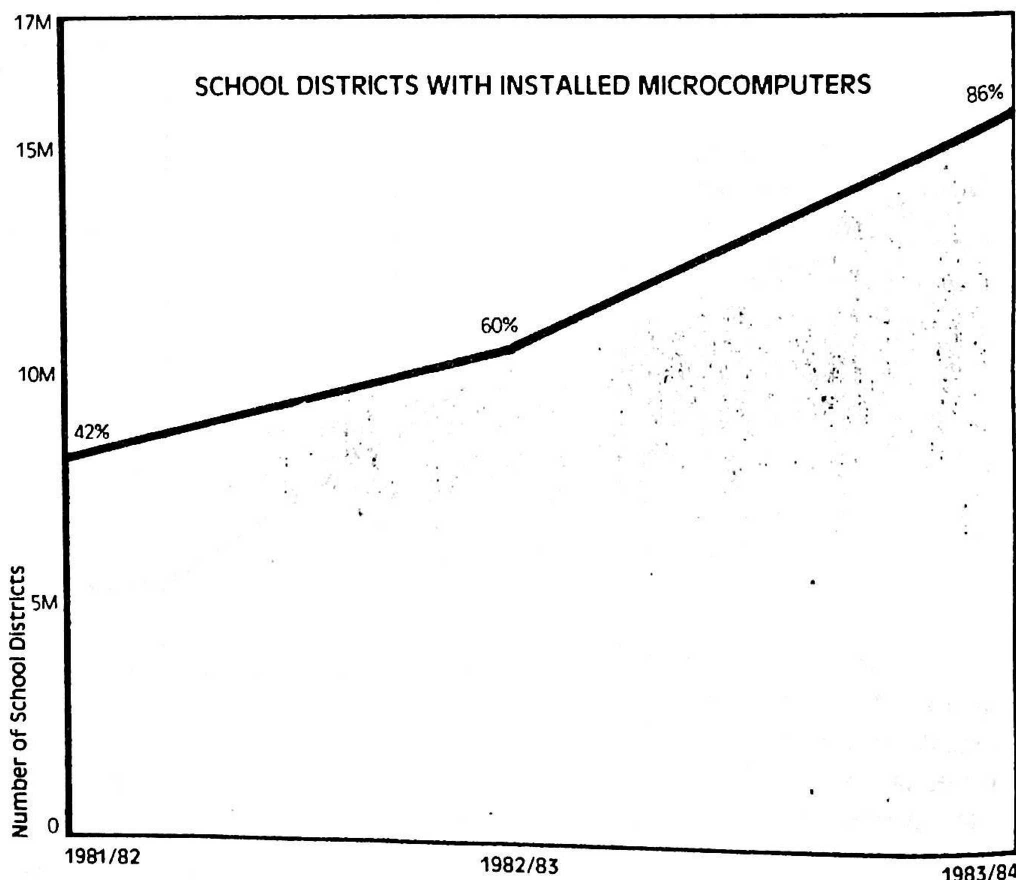
Year	Federal	State	Local	Other	TOTAL
1970	$ 7.5	$22.2	$22.6	$18.1	$ 70.4
1976	12.8	44.4	34.6	29.8	121.6
1978	14.6	51.1	39.1	35.6	140.4
1980	18.6	64.9	43.2	44.3	171.0
1981	19.6	70.7	46.1	50.1	186.5
1982	20.0	76.3	50.7	52.8	199.8
1983	20.3	83.1	52.8	59.2	215.4
1984	n/a	n/a	n/a	n/a	230.0

Market Distribution of Microcomputers

By June of this year, schools will have acquired 1,200,000 computers. Colleges already have 1,500,000 units.

The 1984 inventory of microcomputers in Education has been approximated by five independent market research organizations. The most current assessment of penetration in U.S. schools (K-12) is published by TALMIS. "86 percent of the U.S. school districts had acquired 730,000 computers by June 1984. By June 1985, schools will have acquired 1,200,000 computers." Recent studies also indicate that 100 percent of 3,284 colleges and universities had *each* purchased 100 - 5,000 microcomputers by June 1984, for a current total of 1,500,000 units. Industry and government training centers are just now getting planned purchases underway. While they have purchased some this year, no reliable figure has yet been published.

CHART D
School Districts With Installed Microcomputers



II. Current Applications of Microcomputer Technology in Education

The purchase of microcomputer hardware and software is expected to top $3.6 billion *annually* by 1988 (1.2 million units x $3,000 average cost including peripherals, software and supplies). Computers by then will be used for instruction and all phases of administration (registration, admission, scheduling, grading, attendance reporting, business functions and more) as well as for research in business, economics, social sciences, physics, engineering, and many other departments and laboratories of educational institutions.

Within three years, education's purchases of computer hardware and software are expected to top $3,600,000,000 annually.

Though a large majority of current and planned purchases of microcomputers is being used for instruction, purchases of mainframes and minicomputers for administration remain at a level exceeding $1 billion annually. However, as instruction continues to grow as a principal application, the *mix of utilization* within most educational institutions will be changing dramatically. Administration will have substantially increased needs, greater computer power and maximum utilization of that power. But these functions will represent a smaller percentage of *overall* utilization, with instruction achieving a level up to 50 percent.

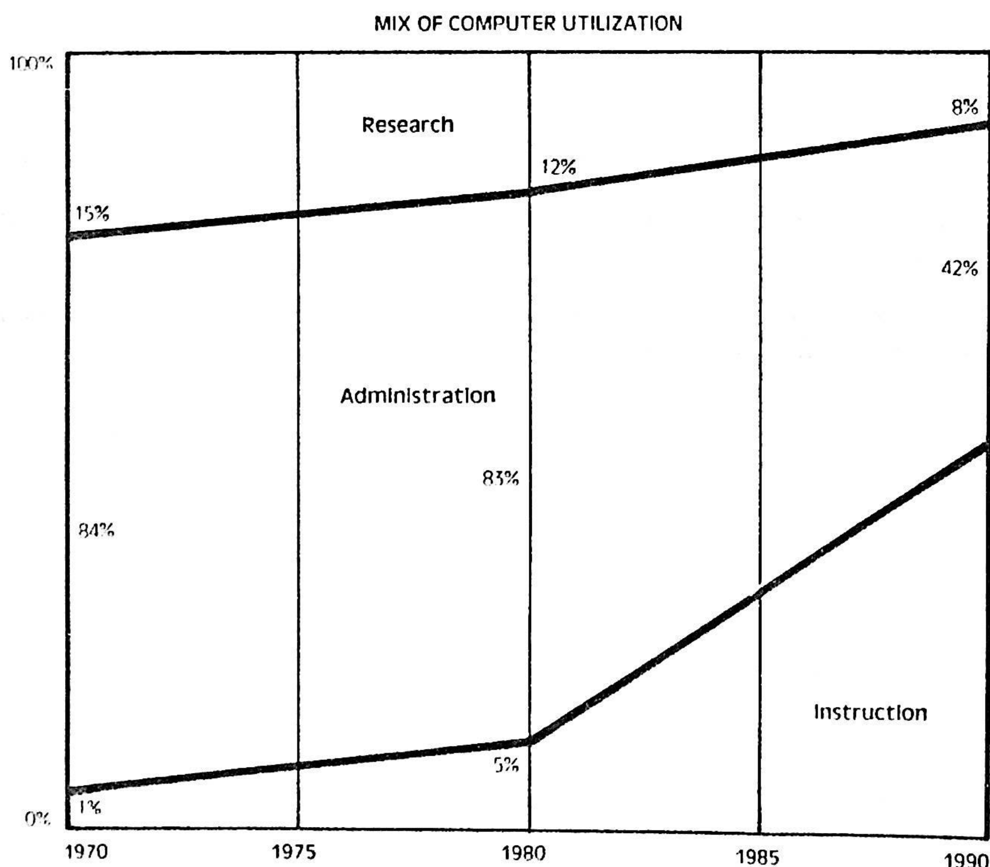


CHART E
Mix of Computer Utilization

Because the broad-based use of computers in education is still in its infancy, new applications of microcomputer technology are being discovered and implemented daily. As millions of additional microcomputers are installed in classrooms during the next four years, approximately 80 percent are expected to be used for instructional purposes.

Educational administration will continue to purchas[e] $1,000,000,000 worth of minicomputers and mainframes eac[h] year.

הערות

1. א. בר, מגמות התפתחות באוכלוסית המורים בחינוך היסודי במגזר היהודי, משרד החינוך והתרבות, האגף לתכנון ותקצוב, המחלקה לתכנון, אוקטובר 1982.

2. סמט מרכז למחקר, סקר מורים בבתי הספר העל יסודיים, יולי 1976.

3. בר, שם.

4. ב.צ. ברטה, דו"ח הועדה למחשבים במערכת החינוך, משרד החינוך והתרבות, המזכירות הפדגוגית, 17.7.83 (נספח).

5. ד. דיוויס ושות', הוראה בסיוע מחשב, סקירת חמש מערכות, האוניברסיטה העברית בירושלים, בית הספר לחינוך, המכון לחקר הטיפוח בחינוך, דצמבר 1983.

6. S. PAPERT, "MIND-STORMS" CHILDREN, COMPUTERS AND POWERFUL IDEAS, BASIC BOOKS INC., NEW-YORK, 1980.

7. J.W. DAMMEYER, "COMPUTER-ASSISTED LEARNING - OR FINANCIAL DISASTER", EDUCATIONAL LEADERSHIP, N.Y., FEB., 1983.

8. PIAGET, SCIENCE OF EDUCATION AND THE PSYCHOLOGY OF THE CHILD, NEW YORK: ORION PRESS, 1970.

9. דבורצקי, דו"ח הועדה המייעצת בתחומי מדעי הטבע והטכנולוגיה (1982), מוגש לשר החינוך והתרבות.

10. ע. חורב, הרצאה בפני פורום של אנשי אקדמיה ותעשיה בטכניון, קיץ 1983.

11. ד. ברודט, צרכי כח אדם הנדסי וטכנולוגי בתעשיה ובמשק 1983-1992, משרד התעשיה והמסחר, היועץ הכלכלי, פברואר 1983.

12. ד. כץ, האם אמנם צפוי מחסור בכח-אדם הנדסי בעשור הקרוב? משרד העבודה והרווחה, הרשות לתכנון כלכלי, יוני 1983.